

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARLLON BOAMORTE LOBATO

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA PLANEJAMENTO, IMPLEMENTAÇÃO E
GESTÃO DE AÇÕES ESTRUTURAIS DE SISTEMA CONVENCIONAL E ÚNICO
ALTERNATIVO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM URBANA PARA
MUNICÍPIOS

CURITIBA

2020

MARLLON BOAMORTE LOBATO

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA PLANEJAMENTO, IMPLEMENTAÇÃO E
GESTÃO DE AÇÕES ESTRUTURAIS DE SISTEMA CONVENCIONAL E ÚNICO
ALTERNATIVO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM URBANA PARA
MUNICÍPIOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA), Departamento de Hidráulica e Saneamento (DHS), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos

CURITIBA

2020

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

L796s

Lobato, Marllon Boamorte

Sistema de apoio à decisão para planejamento, implementação e gestão de ações estruturais de sistema convencional e único alternativo de esgotamento sanitário e drenagem urbana para municípios [recurso eletrônico] / Marllon Boamorte Lobato. – Curitiba, 2020.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - PPGERHA, 2020.

Orientador: Daniel Costa dos Santos.

1. Drenagem. 2. Esgotos. 3. Sistemas de suporte de decisão. 4. Transporte de Sedimentos. I. Universidade Federal do Paraná. II. Santos, Daniel Costa dos. III. Título.

CDD: 623.753

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL - 40001016021P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de MARLLON BOAMORTE LOBATO intitulada: **SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA PLANEJAMENTO, IMPLEMENTAÇÃO E GESTÃO DE AÇÕES ESTRUTURAIS DE SISTEMA CONVENCIONAL E ÚNICO ALTERNATIVO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM URBANA PARA MUNICÍPIOS**, sob orientação do Prof. Dr. DANIEL COSTA DOS SANTOS, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 16 de Dezembro de 2020.

Assinatura Eletrônica
16/12/2020 11:40:30.0
DANIEL COSTA DOS SANTOS
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
16/12/2020 11:33:20.0
HARRY ALBERTO BOLLMANN
Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
16/12/2020 11:37:50.0
MIGUEL MANSUR AISSÉ
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
16/12/2020 11:32:26.0
JOSÉ RICARDO VARGAS DE FARIA
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - PPPP)

Assinatura Eletrônica
16/12/2020 11:47:10.0
PEDRO ALEM SOBRINHO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi fruto de muito trabalho e perseverança, cujo caminho foi trilhado de maneira solitária durante todo o desenvolvimento, mas com o auxílio de meu orientador Daniel Costa dos Santos, a quem agradeço imensamente pelo estímulo e oportunidade oferecidos a mim, para que pudesse alcançar mais esse objetivo.

Agradeço aos meus pais e esposa também pelo incentivo e apoio dados durante praticamente toda minha vida, estando ou não presentes.

Aos professores Miguel Mansur Aisse e Harry Alberto Bollmann, pela participação e minha iniciação nas áreas de pesquisa e de educação durante um tempo como bolsista iniciante em pesquisa, professor e engenheiro de projetos na área de Saneamento.

Ao professor Cristovão Vicente Scapulatempo que, em grande parte de meu doutorado, foi o coordenador do PPGERHA e também um incentivador do desenvolvimento de meu trabalho.

Ao professor José Junji Ota que me auxiliou no mundo do transporte de sedimentos.

Aos colegas e amigos Maurício Romero e Eduardo Eneas de Figueiredo companheiros de “suco” e de muitos “estudos” nas madrugadas em Curitiba.

À colega Taiane Regina Hoepers que me auxiliou no desenvolvimento do estudo de caso na cidade de Nobres.

A todos os funcionários do programa do PPGERHA.

À CAPES pela bolsa de estudos fornecida, a qual propiciou o desenvolvimento inicial dos meus trabalhos.

Aos professores Pedro Além Sobrinho, José Ricardo Vargas de Faria, Harry Alberto Bollmann e Miguel Mansur Aisse por aceitarem participar de minha banca de doutoramento, assim como pelas grandes contribuições para o trabalho.

*Come on now
I hear you're feeling down
Well I can ease your pain
Get you on your feet again
(David Gilmour and Roger Waters, 1979)*

RESUMO

Atualmente a demanda por água cresce de maneira análoga ao crescimento econômico e ao bem-estar da população. Porém a sociedade nem sempre está ciente de que estes aumentos estão intrinsicamente conectados e, por consequência, o desenvolvimento econômico está sendo limitado pela falta desse recurso, sendo que em alguns países já se enfrenta a escassez de água. Nesse sentido o objetivo geral da pesquisa foi conceber um instrumento conceitual e matemático que auxilie na elaboração de planejamento integrado de sistemas separadores (SSA) e únicos alternativos (SUA) de esgotamento sanitário e drenagem urbana, sendo a característica inovadora de que o esgoto deverá ser previamente tratado antes do lançamento na rede coletora, sob a ótica das dimensões econômica, técnica, ambiental e social. A ferramenta concebida foi aplicada a um estudo de caso para o município de Nobres, no estado do Mato Grosso, demonstrando a viabilidade de utilização da mesma, sendo que as dimensões técnica, econômica e ambiental, foram balizadoras para a definição das alternativas, enquanto que, para o plano de implementação da melhor alternativa, foram utilizadas as dimensões ambiental e social, esse último sob a ótica da saúde pública. O estudo mostrou que a adoção de um Sistema Único Alternativo (SUA) é viável para a implantação em municípios, principalmente naqueles em que já existam alguma estrutura implantada, como parte da rede coletora de drenagem. Outro resultado importante, foi a aplicabilidade da teoria do transporte de sedimentos no dimensionamento das redes, que resultou em menores velocidades requeridas para se garantir a auto limpeza das tubulações, indicando uma economia nessas estruturas. Essa aplicação foi automatizada em linguagem VBA, a qual é a apresentada nos apêndices do trabalho. Além disso, a criação dos índices de tratabilidade requerido (ITr) e fornecido (ITf) para a hierarquização dos sistemas de tratamento de esgotos, podem ser de grande valia para a escolha desses sistemas, tendo sido proposto uma automatização da rotina de escolha, em linguagem VBA, da mesma forma apresentada nos apêndices. Finalmente, atendendo ao objetivo principal da pesquisa, a ferramenta conceitual e matemática apresentada, e a sua aplicação no estudo de caso, demonstrou ser possível considerar os vários aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais, na otimização de sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem urbana para municípios. A ferramenta se mostrou efetiva como uma Sistema de Suporte à Decisão, a qual pode auxiliar os agentes decisores na escolha dos sistemas a serem implantados.

Palavras-chave: Drenagem, Esgoto, Sistema Separador Absoluto, Sistema Único Alternativo, Sistema de Apoio à Decisão, Transporte de Sedimentos

ABSTRACT

Currently the demand for water grows in a manner similar to economic growth and the well-being of the population. However, society is not always aware that these increments are intrinsically connected and, consequently, economic development is limited by the lack of this resource. In this sense, the general objective of the research was to conceive a conceptual and mathematical instrument that assists the user in the elaboration of integrated planning of Absolute Separator Systems (SSA) and unique alternative systems (SUA) of sanitary sewage and urban drainage. For the latter the presence of an innovative characteristic is such that the sewage should be previously treated before its release in the collecting network. The tool encompasses the economic, technical, environmental and social issues. The conceived tool was applied to a case study for the municipality of Nobres, in the state of Mato Grosso, demonstrating the feasibility of its implementation. The technical, economic and environmental components were used to define a number of alternatives, while, for the implementation plan of the best alternative, the environmental and social components were given priority, relating the latter to public health awareness. The results showed that the adoption of an Unic Alternative System (SUA) is preferable for implementation in municipalities, especially in those where some drainage collecting network structures already exist. Another important result was the applicability of the sediment transport theory for network designing, resulting in lower flow velocities required to guarantee conditions of the network self-cleansing, which leads to economic savings. In addition, the creation of the required treatability index (ITr) and the supplied treatability index (ITf) for the hierarchization of sewage treatment systems, can be of great value for the choice of these systems, with a computational routine being proposed, in VBA language. Finally, given the main objective of the research, the conceptual and mathematical tool presented, as well as its application in the case study, demonstrated that it is possible to consider the various technical, economic, environmental and social aspects, for the optimization of sewage and urban drainage systems for municipalities. The tool proved to be effective as a Decision Support System, which can assist decision-makers in choosing the systems to be implemented.

Key words: Drainage, Sewage, Absolute Separator System, Alternative Single System, Decision Support System, Sediment Transport

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM POPULAÇÃO ATÉ 5000 HABITANTES COM 50% OU MAIS DE SEUS ESGOTOS SEM COLETA E SEM TRATAMENTO POR REGIÃO.....	54
FIGURA 2 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM POPULAÇÃO ATÉ 5000 HABITANTES COM 90% OU MAIS DE SEUS ESGOTOS SEM COLETA E SEM TRATAMENTO POR REGIÃO.....	54
FIGURA 3 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM POPULAÇÃO ATÉ 20000 HABITANTES COM 50% OU MAIS DE SEUS ESGOTOS SEM COLETA E SEM TRATAMENTO POR REGIÃO.....	55
FIGURA 4 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM POPULAÇÃO ATÉ 20000 HABITANTES COM 90% OU MAIS DE SEUS ESGOTOS SEM COLETA E SEM TRATAMENTO POR REGIÃO.....	55
FIGURA 5 – MODELO CONCEITUAL DOS EFEITOS DIRETOS E INDIRETOS DAS AÇÕES DE SANEAMENTO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO, SOBRE A SAÚDE.....	57
FIGURA 6 – CICLO DAS ÁGUAS URBANAS.....	59
FIGURA 7 – REDE TIPO PERPENDICULAR.....	67
FIGURA 8 – REDE TIPO LEQUE.....	68
FIGURA 9 – REDE TIPO DISTRITAL OU RADIAL.....	68
FIGURA 10 – CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE ESTUDOS POPULACIONAIS.....	70
FIGURA 11 – MÉTODO DO BALANÇO DEMOGRÁFICO.....	72
FIGURA 12 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE POLUENTES DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.....	85
FIGURA 13 – VALORES ESPECÍFICOS SUGERIDOS DE ÁREA, POTÊNCIA, LODO E CUSTOS PARA SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.....	86
FIGURA 14 – EXEMPLO DE VELOCIDADE MÍNIMA REQUERIDA CALCULADA POR ACKERS ET AL., AB GHANI E OTA E NALLURI.....	93
FIGURA 15 – HIDROGRAMA ESQUEMÁTICO DO MÉTODO RACIONAL.....	97
FIGURA 16 – TREM DE GERENCIAMENTO SUDS.....	100
FIGURA 17 – BACIA DE RETENÇÃO.....	102

FIGURA 18 – BACIA DE DETENÇÃO EM ESTRADA RURAL	102
FIGURA 19 – TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO COM VEGETAÇÃO	104
FIGURA 20 – LAGOAS DE INFILTRAÇÃO	105
FIGURA 21 – SEÇÃO TÍPICA PAVIMENTO PERMEÁVEL	106
FIGURA 22 – SEÇÃO TÍPICA SISTEMA DE BIORRETENÇÃO	108
FIGURA 23 – SEÇÃO TÍPICA TELHADO VERDE TIPO EXTENSIVO	109
FIGURA 24 – SISTEMAS DE USO DE ÁGUA DE CHUVA.....	111
FIGURA 25 – <i>WETLAND</i> LINEAR	112
FIGURA 26 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA ESCOANDO EM TELHADOS	117
FIGURA 27 – FASES E ETAPAS DO PROCESSO DE DECISÃO	123
FIGURA 28 – ETAPAS DO PROCESSO DECISÓRIO	123
FIGURA 29 – PROCESSO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE DECISÃO	124
FIGURA 30 – PROCESSO DE ANÁLISE DE DECISÃO.....	125
FIGURA 31 – SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA SISTEMAS URBANOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM	136
FIGURA 32 – ALTERNATIVAS DO SSA	139
FIGURA 33 – ALTERNATIVAS DO SUA	139
FIGURA 34 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – INFORMAÇÕES INICIAIS	147
FIGURA 35 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – INFORMAÇÕES ADICIONAIS.....	148
FIGURA 36 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – EFICIÊNCIAS (continua).....	151
FIGURA 37 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – EFICIÊNCIAS GLOBAIS (continua)	152
FIGURA 38 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – CÁLCULO DOS ÍNDICES DE TRATABILIDADE	153
FIGURA 39 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – 2ª AVALIAÇÃO (continua).....	154
FIGURA 40 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – 2ª AVALIAÇÃO	155
FIGURA 41 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE NOBRES – MT.....	159
FIGURA 42 – REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO MATO GROSSO .	164

FIGURA 43 – LOCALIZAÇÃO DE NOBRES NAS UPGs DO MATO GROSSO	165
FIGURA 44 – REDE HÍDRICA SEDE URBANA DE NOBRES	166
FIGURA 45 – LOCALIZAÇÃO DAS OUTORGAS CONCEDIDAS NA REDE HÍDRICA DE NOBRES.....	167
FIGURA 46 – CRONOGRAMA PARA INÍCIO DE ATENDIMENTO À POPULAÇÃO	168
FIGURA 47 – ESTIMATIVA POPULACIONAL DE NOBRES DO PMSB.....	171
FIGURA 48 – BACIAS DE ESGOTAMENTO DE NOBRES	177
FIGURA 49 – BACIAS DE DRENAGEM DE NOBRES	177
FIGURA 50 – REDE COLETORA DE ESGOTOS SSA DE NOBRES.....	181
FIGURA 51 – REDE DE DRENAGEM SSA SEM SUDS DE NOBRES	183
FIGURA 52 – REDE DE DRENAGEM SSA COM SUDS DE NOBRES	185
FIGURA 53 – REDE COMBINADA SUA SEM SUDS DE NOBRES.....	189
FIGURA 54 – REDE COMBINADA SUA COM SUDS DE NOBRES	191
FIGURA 55 – PARÂMETROS DE ENTRADA PARA ESCOLHA DO PROCESSO DE TRATAMENTO SSA.....	195
FIGURA 56 – PROCESSOS DE TRATAMENTO POSSÍVEIS PARA O SSA	196
FIGURA 57 – SEÇÃO TÍPICA DE IMPLANTAÇÃO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO.....	207
FIGURA 58 – ÁREAS DAS <i>WETLANDS</i> ESTENDIDAS.....	212
FIGURA 59 – CURVA CUSTO DE ASSENTAMENTO POR METRO x DN PARA TUBULAÇÕES EM CONCRETO	226
FIGURA 60 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS COLETADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO BRASIL (2000 – 2017)	282
FIGURA 61 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS TRATADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO BRASIL (2000 – 2017)	283
FIGURA 62 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS COLETADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO MATO GROSSO (2000 – 2007)	284
FIGURA 63 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS TRATADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO MATO GROSSO (2000 – 2007)	285

FIGURA 64 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS COLETADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO MATO GROSSO (2008 – 2017)	286
FIGURA 65 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS TRATADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO MATO GROSSO (2008 – 2017)	287

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – INDICADORES DE ACESSO A ÁGUA NO MUNDO	49
GRÁFICO 2 – INDICADORES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNDO	50
GRÁFICO 3 – INDICADORES DE ACESSO A ÁGUA POTÁVEL NA AMÉRICA DO SUL	50
GRÁFICO 4 – INDICADORES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA AMÉRICA DO SUL	51
GRÁFICO 5 – APLICAÇÃO DE AMD EM ÁGUA	128
GRÁFICO 6 – RELAÇÃO $n \times D$ PARA TUBULAÇÕES EM CONDIÇÕES ABAIXO DOS PADRÕES DE INSTALAÇÃO	145
GRÁFICO 7 – PRECIPITAÇÃO MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA ANUAIS REGIÃO DE NOBRES - MT	161
GRÁFICO 8 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA ANUAL REGIÃO DE NOBRES - MT	161
GRÁFICO 9 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL REGIÃO DE NOBRES – MT (2018-2019)	162
GRÁFICO 10 – TEMPERATURAS MÉDIAS ANUAIS REGIÃO DE NOBRES - MT	162
GRÁFICO 11 – TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS REGIÃO DE NOBRES – MT (2018 A 2019)	163
GRÁFICO 12 – ESTIMATIVA POPULACIONAL NOBRES-MT	171
GRÁFICO 13 – CUSTOS TOTAIS PROCESSOS DE TRATAMENTO SELECIONADOS PARA O SSA	200
GRÁFICO 14 – REDUÇÃO DE CARGA DE POLUIÇÃO POR SISTEMA AVALIADO	256
GRÁFICO 15 – SUBSÍDIO TRATAMENTO INDIVIDUAL VERSUS FATOR DE COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS – SSA COM TRATAMENTO TERCIÁRIO	271
GRÁFICO 16 – SUBSÍDIO TRATAMENTO INDIVIDUAL VERSUS FATOR DE COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS – SSA SEM TRATAMENTO TERCIÁRIO	272
GRÁFICO 17 – ÁREA DE CADA SUB BACIA DE DRENAGEM	274
GRÁFICO 18 – POPULAÇÃO DE CADA SUB BACIA DE DRENAGEM	274

GRÁFICO 19 – REDUÇÃO DE SST POR SUB BACIA DE DRENAGEM COM SUDS	275
GRÁFICO 20 – REDUÇÃO DE DBO POR SUB BACIA DE DRENAGEM COM SUDS	276
GRÁFICO 21 – VOLUMES DE ESGOTOS COLETADOS E TRATADOS – BRASIL	280
GRÁFICO 22 – VOLUMES DE ESGOTOS COLETADOS E TRATADOS – MATO GROSSO.....	280
GRÁFICO 23 – CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA – BRASIL.....	281
GRÁFICO 24 – CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA – MATO GROSSO.....	281
GRÁFICO 25 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS COLETADOS – BRASIL	282
GRÁFICO 26 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS TRATADOS – BRASIL	283
GRÁFICO 27 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS COLETADOS – MATO GROSSO (2000 – 2007)	285
GRÁFICO 28 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS TRATADOS – MATO GROSSO (2000 – 2007)	286
GRÁFICO 29 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS COLETADOS – MATO GROSSO (2008 – 2017)	287
GRÁFICO 30 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS TRATADOS – MATO GROSSO (2008 – 2017)	288
GRÁFICO 31 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46}/IN_{46} SNIS)	291

GRÁFICO 32 – CURVA DE REGRESSÃO EXPONENCIAL CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46}/IN_{46} SNIS).....	291
GRÁFICO 33 – CURVA DE REGRESSÃO DE POTÊNCIA CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46}/IN_{46} SNIS).....	291
GRÁFICO 34 – CURVA DE REGRESSÃO LOGARÍTMICA CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46}/IN_{46} SNIS).....	292
GRÁFICO 35 – CURVA DE REGRESSÃO POLINOMIAL CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46}/IN_{46} SNIS).....	292
GRÁFICO 36 – RELAÇÃO I_{46} OU IN_{46} TAXA DE REDUÇÃO DE MORTALIDADE DE CRIANÇAS MENORES DE 5 ANOS POR DIARREIA	300

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – FAIXAS DE VALORES TÍPICOS DE CONSUMO PER CAPITA	73
TABELA 2 – VALORES ESTIMADOS DE CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA POR PAÍSES.....	74
TABELA 3 – VALORES MÉDIOS ESTIMADOS DE CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA POR REGIÃO DO BRASIL E PARA O BRASIL	74
TABELA 4 – FAIXAS DE VALORES TÍPICOS CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA DE ESGOTOS NOS ESTADOS UNIDOS.....	75
TABELA 5 –CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA DE ESGOTOS NBR 7229 E NBR 13969	75
TABELA 6 – CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO	76
TABELA 7 – VELOCIDADES MÍNIMAS EM REDES DE DRENAGEM EM LOCALIDADES MUNDIAIS	88
TABELA 8 – VELOCIDADES MÁXIMAS E MÍNIMAS EM REDES DE DRENAGEM NAS CAPITAIS DO BRASIL	89
TABELA 9 – NÚMERO DE ROUSE PARA AS TIPOLOGIAS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM ESCOAMENTO TURBULENTO.....	94
TABELA 10 – COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING POR DIÂMETRO E CONDIÇÃO DE INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES	95
TABELA 11 – VALORES LIMITES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO RACIONAL	96
TABELA 12 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR USO DO SOLO.....	98
TABELA 13 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR OCUPAÇÃO NA ÁREA URBANA	98
TABELA 14 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR SUPERFÍCIE DE COBERTURA DO TERRENO.....	99
TABELA 15 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA POR AUTORES	115
TABELA 16 – FONTES DE TRABALHOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA ESCOANDO EM TELHADOS DA FIGURA 26.....	116
TABELA 17 – FATOR DE CARGA DE POLUENTE (α) PARA REDES DE DRENAGEM.....	118

TABELA 18 – VALORES (<i>f</i>) DE ACORDO COM O USO DAS ÁREAS	118
TABELA 19 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS SUDS – REINO UNIDO	119
TABELA 20 – CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS SUDS – REINO UNIDO	119
TABELA 21 – CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS SUDS	120
TABELA 22 – CARACTERÍSTICAS DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO MATO GROSSO	163
TABELA 23 – CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS HÍDRICOS NA REDE HÍDRICA URBANA DE NOBRES	165
TABELA 24 – OUTORGAS CONCEDIDAS NA REDE HÍDRICA DE NOBRES	166
TABELA 25 – TAXAS GEOMÉTRICAS DE CRESCIMENTO DOS CENSOS DO IBGE	169
TABELA 26 – ESTIMATIVAS POPULACIONAIS	169
TABELA 27 – VAZÃO TOTAL DE ESGOTOS ESTIMADA PARA A REDE COLETORA DE ESGOTOS	175
TABELA 28 – VAZÃO TOTAL DE ESGOTOS ESTIMADA PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS	175
TABELA 29 – VAZÃO POR BACIA DE ESGOTAMENTO PARA AS ALTERNATIVAS DO SSA DE NOBRES	180
TABELA 30 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS POR DIÂMETRO PARA AS ALTERNATIVAS DO SSA DE NOBRES	181
TABELA 31 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS PARA AS ALTERNATIVAS DO SSA DE NOBRES ..	182
TABELA 32 – PARÂMETROS DOS SEDIMENTOS A SEREM TRANSPORTADOS PELA REDE DE DRENAGEM	182
TABELA 33 – CRITÉRIOS ADICIONAIS E DE VERIFICAÇÃO PARA O DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM DO SSA DE NOBRES	183
TABELA 34 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE DRENAGEM POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SSA SEM SUDS DE NOBRES....	184
TABELA 35 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PARA O SSA SEM SUDS DE NOBRES	184

TABELA 36 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE DRENAGEM POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SSA COM SUDS DE NOBRES ...	186
TABELA 37 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PARA O SSA COM SUDS DE NOBRES	186
TABELA 38 – VAZÕES TOTAIS DAS SUB-BACIAS DA BACIA A DE ESGOTOS	187
TABELA 39 – DISTRIBUIÇÃO DE VAZÕES DA BACIA A DE ESGOTOS NAS BACIAS DE DRENAGEM	188
TABELA 40 – VAZÕES TOTAIS DAS SUB-BACIAS DA BACIA B DE ESGOTOS	188
TABELA 41 – DISTRIBUIÇÃO DE VAZÕES DA BACIA B DE ESGOTOS NAS BACIAS DE DRENAGEM	189
TABELA 42 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA COMBINADA POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SUA SEM SUDS DE NOBRES ...	190
TABELA 43 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE COMBINADA PARA O SUA SEM SUDS DE NOBRES	190
TABELA 44 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE DRENAGEM POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SUA COM SUDS DE NOBRES	191
TABELA 45 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PARA O SUA COM SUDS DE NOBRES.....	192
TABELA 46 – HISTÓRICO DE TAXAS DE JUROS ANUAIS DOS ESTADOS UNIDOS	197
TABELA 47 – PROCESSOS DE TRATAMENTO ESCOLHIDOS CLASSIFICADOS PELO CUSTO UNITÁRIO MÁXIMO DE IMPLANTAÇÃO	197
TABELA 48 – CUSTOS ANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO ESCOLHIDOS.....	198
TABELA 49 – ÁREA NECESSÁRIA E CUSTOS DE TERRENO DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO ESCOLHIDOS	199
TABELA 50 – CUSTOS A VALOR PRESENTE DE IMPLANTAÇÃO, AQUISIÇÃO DE TERRENO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO PARA AS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO SSA.....	202
TABELA 51 – POPULAÇÃO CONTRIBUINTE COM ESGOTO POR BACIA DE DRENAGEM PARA DIMENSIONAMENTO DAS <i>WETLANDS</i> CONSTRUÍDAS PARA O SUA SEM SUDS	204
TABELA 52 – ÁREA REQUERIDA E CARGA ESPECÍFICA DE DBO APLICADAS ÀS <i>WETLANDS</i> CONSTRUÍDAS PARA O SUA SEM SUDS	204

TABELA 53 – LEITOS DE DRENAGEM PARA DESAGUAMENTO DO LODO PRODUZIDO NO TRATAMENTO DE ESGOTOS INDIVIDUAL DO SUA	206
TABELA 54 – VOLUME DE PERCOLADO DO LODO PRODUZIDO NO DESAGUAMENTO DO LODO DO TRATAMENTO DE ESGOTOS INDIVIDUAL SUA	206
TABELA 55 – POROSIDADE DE MATERIAIS DE ENCHIMENTO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO (V_r).....	209
TABELA 56 – TAXA DE INFILTRAÇÃO (f) NO SOLO	209
TABELA 57 – COMPRIMENTO MÍNIMO REQUERIDO DE TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO	210
TABELA 58 – COMPRIMENTO MÁXIMOS DE TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO PASSÍVEIS DE INSTALAÇÃO.....	211
TABELA 59 – VOLUMES DE <i>WETLANDS</i> NECESSÁRIOS PARA MELHORIA DE QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS (WQV)	214
TABELA 60 – VOLUMES E ÁREAS DE <i>WETLANDS</i> NECESSÁRIOS PARA O SISTEMA SSA COM SUDS.....	215
TABELA 61 –ÁREAS DE <i>WETLANDS</i> NECESSÁRIOS PARA ALTERNATIVA SUA COM SUDS	215
TABELA 62 – NÚMERO DE TRECHOS POR CLASSES DE TENSÃO TRATIVA (Pa) DA REDE COLETORA DE ESGOTOS DO SSA.....	217
TABELA 63 – NÚMERO DE TRECHOS POR CLASSES DE VELOCIDADE (m/s) DA REDE COLETORA DE ESGOTOS DO SSA.....	218
TABELA 64 – NÚMERO DE TRECHOS POR CLASSES DE LÂMINA MÁXIMA (m/m) DA REDE COLETORA DE ESGOTOS DO SSA.....	218
TABELA 65 – NÚMERO DE TRECHOS POR TIPOLOGIA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	219
TABELA 66 – NÚMERO DE TRECHOS POR CLASSES DE VELOCIDADES (m/s) DA REDE COLETORA DE DRENAGEM E COMBINADA DOS SISTEMAS AVALIADOS	219
TABELA 67 – NÚMERO DE TRECHOS POR CRITÉRIO DECISOR DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM E COMBINADA DOS SISTEMAS AVALIADOS	221

TABELA 68 – VOLUME DE MATERIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DAS REDES COLETORAS.....	222
TABELA 69 – NÚMEROS DE PVs POR CLASSES DE PROFUNDIDADE.....	223
TABELA 70 – PROFUNDIDADES MÉDIAS PONDERADAS PVs POR REDES DE COLETA	223
TABELA 71 – CUSTOS ESTIMADOS DE SERVIÇOS PARA INSTALAÇÃO DAS REDES COLETORAS POR REDE COLETORA.....	224
TABELA 72 – CUSTOS ESTIMADOS DE SERVIÇOS PARA INSTALAÇÃO DAS REDES COLETORAS POR SISTEMA AVALIADO.....	224
TABELA 73 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE PROFUNDIDADE DE PVs.....	225
TABELA 74 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE TUBULAÇÃO DE PVC	225
TABELA 75 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE TUBULAÇÃO EM CONCRETO DA TABELA SINAPI	226
TABELA 76 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE TUBULAÇÃO EM CONCRETO ESTIMADOS PARA TUBULAÇÕES COM DN NÃO ENCONTRADOS NA TABELA SINAPI (Continua)	226
TABELA 77 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO DE REDES COLETORAS	227
TABELA 78 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO DE REDES COLETORAS POR SISTEMA AVALIADO	227
TABELA 79 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO E SERVIÇOS DE ESCAVAÇÃO DE REDES COLETORAS POR SISTEMA AVALIADO.....	228
TABELA 80 – HISTÓRICO DE TAXAS DE JUROS ANUAIS DO BRASIL	230
TABELA 81 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS ELEVATÓRIAS DE ESGOTOS DO SSA	230
TABELA 82 – VOLUME DE MATERIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DE RECALQUE	231
TABELA 83 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DE RECALQUE DO SSA	231
TABELA 84 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS ELEVATÓRIAS DO SSA	231
TABELA 85 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO SSA.....	231

TABELA 86 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO	235
TABELA 87 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS WETLANDS CONSTRUÍDAS PARA O SISTEMA SSA COM SUDS.....	236
TABELA 88 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS WETLANDS CONSTRUÍDAS PARA O SISTEMA SUA SEM SUDS	236
TABELA 89 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS WETLANDS CONSTRUÍDAS PARA O SISTEMA SUA COM SUDS.....	237
TABELA 90 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES, SUDS E TRATAMENTO DE LODO PARA OS SISTEMAS AVALIADOS.....	237
TABELA 91 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA TRANSPORTE DE LODO	238
TABELA 92 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO DAS REDES COLETORAS.....	238
TABELA 93 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE TRATAMENTO, SUDS E DEMAIS ITENS AVALIADOS	238
TABELA 94 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO POR SISTEMA AVALIADO.....	239
TABELA 95 – CUSTOS DISCRETIZADOS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO POR SISTEMA AVALIADO	240
TABELA 96 – PORCENTAGENS DE CUSTOS DISCRETIZADOS DE IMPLANTAÇÃO POR SISTEMA AVALIADO	240
TABELA 97 – CUSTO ANUAL DE ENERGIA DAS ELEVATÓRIAS DO SISTEMA SSA	243
TABELA 98 – CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.....	244
TABELA 99 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE MANUTENÇÃO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO	244
TABELA 100 – CUSTOS ANUAIS TOTAIS ESTIMADOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS.....	245
TABELA 101 – HISTÓRICO DE TAXAS DE JUROS ANUAIS DO BRASIL	246
TABELA 102 – CUSTOS TOTAIS A VALOR PRESENTE DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO PARA OS SISTEMAS AVALIADOS.....	247

TABELA 103 – CUSTOS TOTAIS A VALOR PRESENTE DOS SISTEMAS AVALIADOS	247
TABELA 104 – ÍNDICES DE COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DOS SISTEMAS AVALIADOS	248
TABELA 105 – ÁREA POR TIPOLOGIA E POPULAÇÃO DAS BACIAS DE DRENAGEM.....	249
TABELA 106 – PRECIPITAÇÃO ANUAL EM NOBRES – MT	250
TABELA 107 – CARGA DE POLUIÇÃO ANUAL EM NOBRES – MT POR BACIA E USO.....	250
TABELA 108 – CARGA E PORCENTAGEM DE POLUIÇÃO ANUAL EM NOBRES – MT POR BACIA	251
TABELA 109 – PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DE VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR BACIA.....	252
TABELA 110 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE POLUENTES DE WETLANDS CONSTRUÍDA DA LITERATURA E ADOTADA.....	252
TABELA 111 – REDUÇÃO DE POLUENTES COM A ADOÇÃO DE SUDS.....	253
TABELA 112 – CARGA DE POLUENTES COM A ADOÇÃO DE SUDS.....	253
TABELA 113 – CARGA DE POLUENTES ESGOTO SSA SEM SUDS.....	255
TABELA 114 – CARGA DE POLUENTES ESGOTO SSA COM SUDS	255
TABELA 115 – CARGA DE POLUENTES ESGOTO SUA.....	255
TABELA 116 – CARGAS TOTAIS DE POLUENTES SSA E SUA.....	255
TABELA 117 – CARGAS REMANESCENTES DE POLUENTES SSA	256
TABELA 118 – CARGAS REMANESCENTES DE POLUENTES SUA.....	256
TABELA 119 – REDUÇÃO DE CARGA DE POLUIÇÃO	256
TABELA 120 – EFETIVIDADE DAS ALTERNATIVAS NA REMOÇÃO DE DBO E SST	258
TABELA 121 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS	259
TABELA 122 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO COM 50% DO TRATAMENTO INDIVIDUAL CUSTEADO PELO ORGÃO FINANCIADOR DO SISTEMA POR SISTEMA AVALIADO	261
TABELA 123 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO COM 0% DO TRATAMENTO INDIVIDUAL CUSTEADO PELO ORGÃO FINANCIADOR DO SISTEMA POR SISTEMA AVALIADO	261

TABELA 124 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO COM 100% DO TRATAMENTO INDIVIDUAL CUSTEADO PELO ORGÃO FINANCIADOR DO SISTEMA POR SISTEMA AVALIADO	262
TABELA 125 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO COM 18,48% DO TRATAMENTO INDIVIDUAL CUSTEADO ORGÃO FINANCIADOR DO SISTEMA POR SISTEMA AVALIADO.....	263
TABELA 126 – RESUMO DOS CENÁRIOS DE PERCENTUAL DE CUSTEIO DE IMPLANTAÇÃO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL, POR PARTE DO ORGÃO FINANCIADOR, POR SISTEMA AVALIADO	263
TABELA 127 – EFETIVIDADE DE REMOÇÃO DE DBO E SST (kg/1000xR\$).....	264
TABELA 128 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS PARA 50% DE SUBSÍDIO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS.....	265
TABELA 129 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS PARA 18,48% DE SUBSÍDIO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS	265
TABELA 130 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS PARA 0,00% DE SUBSÍDIO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS	265
TABELA 131 – ÁREA DE <i>WETLANDS</i> CONSTRUÍDAS REQUERIDA PARA O SSA SEM SUDS	267
TABELA 132 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO POR SISTEMA AVALIADO COM TRATAMENTO TERCIÁRIO COMPLEMENTAR NO SSA.....	267
TABELA 133 – CUSTOS ANUAIS TOTAIS ESTIMADOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS COM TRATAMENTO TERCIÁRIO COMPLEMENTAR NO SSA	268
TABELA 134 – CUSTOS TOTAIS A VALOR PRESENTE DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO PARA OS SISTEMAS AVALIADOS COM TRATAMENTO TERCIÁRIO COMPLEMENTAR NO SSA.....	268
TABELA 135 – CUSTOS TOTAIS A VALOR PRESENTE DOS SISTEMAS AVALIADOS CONSIDERANDO TRATAMENTO TERCIÁRIO PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS NO SISTEMA SSA.....	269
TABELA 136 – ÍNDICES DE COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DOS SISTEMAS AVALIADOS COM TRATAMENTO TERCIÁRIO DOS ESGOTOS PARA O SSA .	270
TABELA 137 – RESUMO DOS CENÁRIOS DE PERCENTUAL DE CUSTEIO DE IMPLANTAÇÃO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL, POR PARTE DO ORGÃO	

FINANCIADOR, POR SISTEMA AVALIADO, CONSIDERANDO TRATAMENTO TERCÁRIO PARA OS ESGOTOS NOS SISTEMAS SSA.....	271
TABELA 138 – DADOS DO BRASIL DE VOLUME COLETADO E TRATADO DE ESGOTOS, DO BANCO DE DADOS SNIS E MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS DO DATASUS	277
TABELA 139 – DADOS DO MATO GROSSO DE VOLUME COLETADO E TRATADO DE ESGOTOS, DO BANCO DE DADOS SNIS E MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS DO DATASUS	278
TABELA 140 – VALORES CRÍTICOS PARA O COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON (r).....	279
TABELA 141 – RESUMO DA AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DE CORRELAÇÃO ...	288
TABELA 142 – ÍNDICE DE ESGOTO TRATADO REFERIDO À ÁGUA CONSUMIDA E NÚMERO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS.....	290
TABELA 143 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO LINEAR AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50%	293
TABELA 144 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO EXPONENCIAL AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50%	294
TABELA 145 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO EXPONENCIAL AUMENTO DA COBERTURA DE 5,00%	295
TABELA 146 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO EXPONENCIAL AUMENTO DA COBERTURA DE 25,00%	295
TABELA 147 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO DE POTÊNCIA AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50%	296

TABELA 148 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO LOGARÍTMICA AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50%	297
TABELA 149 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO POLINOMIAL DE 2ª ORDEM AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50%	298

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – COMPOSIÇÃO DA VAZÃO DE ESGOTO SEGUNDO ABNT NBR 9648	69
QUADRO 2 – POPULAÇÕES SEGUNDO ABNT NBR 9648	70
QUADRO 3 – EQUAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO	77
QUADRO 4 – PARÂMETROS FÍSICOS DOS ESGOTOS	78
QUADRO 5 – PARÂMETROS QUÍMICOS DOS ESGOTOS – INORGÂNICOS	79
QUADRO 6 – PARÂMETROS QUÍMICOS DOS ESGOTOS – ORGÂNICOS	80
QUADRO 7 – ORGANISMOS PATOGÊNICOS	80
QUADRO 8 – ORGANISMOS INDICADORES DE AGENTES PATOGÊNICOS.....	81
QUADRO 9 – PRINCIPAIS POLUENTES NOS ESGOTOS E SEUS EFEITOS.....	82
QUADRO 10 – CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	83
QUADRO 11 – CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE SUDS SEGUNDO O TREM DE GERENCIAMENTO	101
QUADRO 12 – CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOCES E USO A QUE SE DESTINAM	121
QUADRO 13 – CATEGORIAS DOS PROBLEMAS DE DECISÃO	125
QUADRO 14 – PROBLEMAS DE DECISÃO E METODOLOGIAS DE AMD.....	127
QUADRO 15 – METODOLOGIAS DE AMD POR CATEGORIA	128
QUADRO 16 – PRINCIPAIS CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS NO GERENCIAMENTO DE FONTES DE ÁGUA	129
QUADRO 17 – TIPOLOGIA DE INVESTIMENTOS E BENEFÍCIOS PELA PROVISÃO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO ADEQUADOS.....	133
QUADRO 18 – ETAPAS DO MÉTODO COMPUTACIONAL DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS.....	136
QUADRO 19 – ALTERNATIVAS DO SSA E DO SUA	140
QUADRO 20 – MATRIZ DE PRÉ-AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE DRENAGEM E ESGOTAMENTO SANITÁRIO	179
QUADRO 21 – ALTERNATIVAS A SEREM AVALIADAS	180
QUADRO 22 – ITENS CONSIDERADOS PARA O CUSTO DE ENERGIA.....	240

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACB	– Análise Custo Benefício
ACE	– Análise Custo Efetividade
AHP	– <i>Analytic Hierarchy Process</i>
AHPsort	– <i>Analytic Hierarchy Process sorting</i>
AMD	– Análise Multicritério de Decisão
ANA	– Agência Nacional de Águas
ANP	– <i>Analytic Network Process</i>
APWA	– <i>American Public Works Association</i>
ARIMA	– <i>Autoregressive Integrate Moving Average</i>
ASCE	– <i>American Society of Civil Engineers</i>
AWWARF	– <i>American Water Works Association Research Foundation</i>
BS	– <i>British Standard</i>
BSI	– <i>British Standard Institution</i>
CEHIDRO	– Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CFD	– <i>Computational Fluid Dynamic</i>
CID	– Classificação Internacional de Doenças
CONAMA	– Conselho Nacional do Meio Ambiente
DATASUS	– Banco de dados de dados de saúde no Brasil
DBO	– Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEA	– <i>Data Envelopment Analysis</i>
DN	– Diâmetro Nominal
DNIT	– Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DQO	– Demanda Química de Oxigênio
DUI	– Drenagem Urbana Integrada
ELECTRE	– <i>Elimination Et Choix Traduisant la Realité</i>
EPA	– <i>United States Environmental Protection Agency</i>
EXPROM	– <i>Extended Preference Ranking Organization Method</i>

FUNASA	– Fundação Nacional da Saúde
GAIA	– <i>Geometrical Analysis for Interactive Aid</i>
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGE	– <i>Independent Evaluation Group</i>
INMET	– Instituto Nacional de Meteorologia
IPARDES	– Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
MACBETH	– <i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
MAUT	– <i>Multi-attribute Utility Theory</i>
MCQA	– <i>Multiple Criteria Q-analysis</i>
MDR	– Ministério do Desenvolvimento Regional
NBR	– Norma Brasileira
OECD	– Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	– Organização Mundial da Saúde
ONU	– Organização das Nações Unidas
PERH	– Plano Estadual de Recursos Hídricos
PMSB	– Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRH	– Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	– Pesquisa Nacional do Saneamento Básico
PPP	– Parceria Público-Privada
PROMETHEE	– <i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment and Evaluation</i>
PV	– Poço de Visita
PVC	– Policloreto de Vinila
SAD	– Sistema de Apoio à Decisão
SANEPAR	– Companhia de Saneamento do Paraná
SDG	– <i>Sustainable Development Goals</i>
SI	– Sistema de Informação
SIMLAM	– Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental
SINAPI	– Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices para a Construção Civil

SNIS	– Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SNS	– Secretaria Nacional de Saneamento
SSA	– Sistema Separador Absoluto
SSD	– Sistema de Suporte à Decisão
SU	– Sistema Unitário
SUA	– Sistema Único Alternativo
SUDERHSA	– Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
SUDS	– Sistema Urbano de Drenagem Sustentável
TOPSIS	– <i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
UPG	– Unidade de Planejamento e Gerenciamento
UTA	– <i>Utilités Additives</i>
UTADIS	– <i>Utilities Additives Discriminants</i>
VBA	– <i>Visual Basic for Applications</i>
WBG	– <i>World Bank Group</i>
WEF	– <i>Water Environment Federation</i>
WHO	– <i>World Health Organization</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

%	– Porcentagem
‰	– Permilagem
°C	– Graus Celsius
A	– Ameaças ou riscos
A	– Área molhada do escoamento
A	– Área de drenagem
A_{10}	– Volume de Água Consumida
A_{19}	– Volume de Água Tratada Exportada
AG_{010}	– Volume de Água Consumida
AG_{019}	– Volume de Água Tratada Exportada
a_r	– Coeficiente de regressão, variável de acordo com o tempo de detenção
As	– Arsênio
$A_{mi,f}$	– Área molhada da seção transversal de início ou final de plano
C	– Coeficiente de escoamento superficial
C	– Coeficiente de retorno
C_0	– Concentração do poluente no esgoto afluente à estação de tratamento de efluentes
Cd	– Cadmio
C_e	– Concentração do poluente no esgoto efluente à estação de tratamento de efluentes
C_{ef}	– Concentração do parâmetro de qualidade no efluente
CH ₄	– Metano
C_{nat}	– Concentração natural do parâmetro de qualidade no corpo hídrico onde é realizado o lançamento
CO ₂	– Dióxido de carbono
COT	– Carbono Orgânico total
COV	– Compostos Orgânicos Voláteis

C_{perm}	– Concentração limite da classe de enquadramento ou meta intermediária de qualidade formalmente instituída do corpo receptor
Cr	– Cromo
Cu	– Cobre
cv	– Cavalo vapor
C_v	– Concentração volumétrica do sedimento
D	– Densidade populacional
d	– Diâmetro da partícula de sedimento
d	– Profundidade útil da vala de infiltração
E	– Eficiência de remoção
E	– Emigrantes no período
E06	– Volume de Esgoto Tratado
$E_{Amôniafg}$	– Eficiência global fornecida de remoção de Amônia
$E_{Amônir}$	– Eficiência requerida de remoção de Amônia
E_{DBOfg}	– Eficiência global fornecida de remoção de DBO
E_{DBOr}	– Eficiência requerida de remoção de DBO
$E_{fad p}$	– Eficiência adicional fornecida do parâmetro
E_{fg}	– Eficiência global fornecida
$E_{fg p}$	– Eficiência global fornecida do parâmetro
$E_{fo p}$	– Eficiência original fornecida do parâmetro
$E_{N totalfg}$	– Eficiência global fornecida de remoção de N total
$E_{N totalr}$	– Eficiência requerida de remoção de N total
$E_{P totalfg}$	– Eficiência global fornecida de remoção de P total
$E_{P totalr}$	– Eficiência requerida de remoção de P total
ES006	– Volume de Esgoto Tratado
E_{SSTfg}	– Eficiência global fornecida de remoção de SST
E_{SSTr}	– Eficiência requerida de remoção de SST

E_r	– Eficiência requerida
E_{rp}	– Eficiência requerida do parâmetro
F	– Forças
f	– Fraquezas
f	– Função da densidade populacional
f	– Taxa de infiltração no solo
Fe	– Ferro
g	– Aceleração da gravidade
g_{ij}	– Grau de estabelecido para indicar o quanto a alternativa i se satisfaz o critério j
g/hab.dia	– Gramas por habitante por dia
g/L	– Gramas por litro
ha	– Hectares
H_{man}	– Altura manométrica
HP	– <i>Horse Power</i>
H ₂ S	– Sulfeto de Hidrogênio
Hg	– Mercúrio
I	– Área impermeável
I	– Contribuição devido a infiltração na rede
I	– Imigrantes no período
I_{46}	– Índice de Esgoto Tratado referido à água consumida
i	– Intensidade da chuva
IN_{046}	– Índice de Esgoto Tratado referido à água consumida
ITf	– Índice de Tratabilidade fornecido
ITr	– Índice de Tratabilidade requerido
J	– Parâmetro específico da equação de Ackers-White
K	– Parâmetro específico da equação de Ackers-White
K	– Parâmetro específico da localidade para determinação da intensidade de chuva

k	– Constante de Karman
k	– Fator de atrito do sedimento com a tubulação
k_1	– Coeficiente de máxima vazão diária
k_2	– Coeficiente de máxima vazão horária
kg/Ano	– Quilogramas por ano
kg/m ³	– Quilogramas por metro cúbico
kg/1000xR\$	– Quilogramas removidos por mil reais gastos
km	– Quilometro
kN/m ³	– Quilonewton por metro cúbico
kW	– QuiloWatt
kW.h	– QuiloWatt hora
kW.h/ano	– QuiloWatt hora por ano
kW.h/dia	– QuiloWatt hora por dia
L	– Comprimento da vala de infiltração
L	– Litro
L/bacia sanitária	– Litros por bacia sanitária
L/hab.dia	– Litros por habitante por dia
L/lugar	– Litros por lugares
L/refeição.dia	– Litros por refeição por dia
L/s	– Litros por segundo
lb/acre.ano	– Libras por acre por ano
M	– Mortes no período
M_i	– Mortalidade de crianças com idade menor que 5 anos por diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível ano considerado
M_{i-1}	– Mortalidade de crianças com idade menor que 5 anos por diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível ano anterior
m	– Metro
m	– Parâmetro específico da equação de Ackers-White

m	– Parâmetro específico da localidade para determinação da intensidade de chuva
m^2	– Metro quadrados
m^3	– Metro cúbicos
mm	– Milímetro
m/hab	– Extensão de rede coletora de esgotos por habitante
m/s	– Metro por segundo
m/s^2	– Metro por segundo ao quadrado
m^3/ano	– Metro cúbicos por ano
m^3/s	– Metro cúbicos por segundo
$\mu\text{g/L}$	– Micrograma por litro
mg/L	– Miligramas por litro
Mn	– Manganês
M_s	– Carga de poluentes gerada por ano
mS/m	– milisiemens por centímetro
mm/h	– milímetro por hora
N	– Nascimentos no período
N	– Nitrogênio
n	– Coeficiente de rugosidade de Manning
n	– Parâmetro específico da localidade para determinação da intensidade de chuva
N_2	– Nitrogênio gasoso
N/m^3	– Newton por metro cúbico
NH_3	– Amônia
Ni	– Níquel
NMP/100 mL	– Número Mais Provável em 100 mL
N-NH ₄	– Nitrogênio na forma amoniacal
N-NO ₃	– Nitrogênio na forma nitrato
NO _x	– Formas oxidadas do nitrogênio
NT	– Nitrogênio Total

NTK	– Nitrogênio Kjeldhal
O	– Oportunidades
O ₂	– Oxigênio gasoso
ovos/L	– Quantidade de ovos por litro de água ou esgoto
P	– Altura de chuva
P	– Fósforo
P	– População
P	– Potência
P	– Precipitação anual em polegadas por ano
P_0	– <i>First Flush</i>
P_0	– População início de plano
P_1	– População usada como base para cálculo da taxa de crescimento
P_6	– Precipitação média de um dia para o período de retorno de 6 meses
Pa	– Pascal
Pb	– Chumbo
pH	– Potencial Hidrogeniônico
$P_{i,f}$	– População inicial ou de final de plano (habitantes)
PO ₄	– Fosfato
pol/ano	– polegadas por ano
ppm	– Parte por milhão
PT	– Fósforo Total
Q	– Vazão de drenagem
Q	– Vazão de esgotos
Q_{ci}	– Contribuição singular inicial
Q_{cf}	– Contribuição singular de final de plano
Q_{ef}	– Vazão do efluente que contém o parâmetro de qualidade analisado
Q_f	– Vazão de final de plano

Q_i	– Vazão inicial
$Q_{i,f}$	– Vazão de início ou final de plano
$\bar{Q}_{i,f}$	– Vazão média inicial ou de final de plano
$q_{i,f}$	– Consumo de água per capita inicial ou de final de plano
Q_{pos}	– Vazão após a urbanização
Q_{pre}	– Vazão antes da urbanização
R	– Raio hidráulico do escoamento
$R_{hi,f}$	– Raio hidráulico da seção transversal de início ou final de plano
R_v	– Coeficiente volumétrico adimensional
R\$	– Moeda brasileira Real
R\$/ano	– Real por ano
R\$/hab.ano	– Real por habitante por ano
R\$/m ³	– Real por metro cúbico
S_i	– Pontuação total da alternativa i
s	– Fator de varrição das ruas
s	– Peso específico da partícula
SDF	– Sólidos Dissolvidos Fixos
SDT	– Sólidos Dissolvidos Totais
SDV	– Sólidos Dissolvidos Voláteis
SSed	– Sólidos Sedimentáveis
SSF	– Sólidos Suspensos Fixos
SST	– Sólidos Suspensos Totais
SSV	– Sólidos Suspensos Voláteis
ST	– Sólidos Totais
t	– Data final
t	– Tempo de escoamento da chuva
t_d	– Tempo de duração da chuva
t_0	– Data inicial

t_0	– Parâmetro específico da localidade para determinação da intensidade de chuva
t_1	– Data base, anterior a t_0 , usada para cálculo da taxa de crescimento
T	– Temperatura
T_c	– Tempo de concentração após a urbanização
T_f	– Tempo de enchimento
THM	– Trihalometanos
T_r	– Tempo de retorno
$Tx_{dimcr < 5anos}$	– Taxa de diminuição de mortes de crianças com idade menor que 5 anos por diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível
U_*	– Velocidade de cisalhamento do escoamento
ua/cm	– unidade de absorbância por centímetro
UNT	– Unidade Nefelométrica de Turbidez
US\$	– Dólar americano
V	– Velocidade média do escoamento
V_c	– Volume de água capturado
v_c	– Velocidade crítica
V_{cf}	– Velocidade crítica final do fluxo no trecho
v_f	– Velocidade final
V_L	– Velocidade média do escoamento limite para o movimento do sedimento
V_r	– Porosidade do material de enchimento da trincheira
W	– Largura da vala de infiltração (m)
W	– Watt
W_e	– Largura efetiva da camada de sedimentos
W_{fp}	– Peso da eficiência fornecida do parâmetro
W_{rp}	– Peso da eficiência requerida do parâmetro
W_s	– Velocidade de queda do sedimento

WQ_V	– Volume para melhoria da qualidade da água de chuva
w_j	– Peso estabelecido, entre 0 e 1, para o critério j, de maneira a identificar sua relativa importância
Z	– Número de Rouse
Zn	– Zinco
α	– Fator de carga do poluente para drenagem
α	– Parâmetro específico da equação de Ackers-White
β	– Parâmetro específico da equação de Ackers-White
δ	– Parâmetro específico da equação de Ackers-White
ε	– Parâmetro específico da equação de Ackers-White
ξ	– Fator de relação trativa de fundo e tensão trativa média
η	– Rendimento global do conjunto motor-bomba
Υ	– Parâmetro específico da equação de Ackers-White
Υ	– Peso específico da água
λ_c	– Valor composto adimensional de rugosidade de fundo de Darcy-Weisbach em tubulações com sedimento
Σ	– Somatório
σ_i	– Tensão Trativa Inicial
ν	– Viscosidade cinemática do fluido
£	– Libra Esterlina

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE GRÁFICOS	13
LISTA DE TABELAS	16
LISTA DE QUADROS	26
LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS	27
LISTA DE SÍMBOLOS	30
SUMÁRIO	39
1 INTRODUÇÃO	42
2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	44
3 JUSTIFICATIVA	45
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	47
4.1 SUSTENTABILIDADE E SANEAMENTO BÁSICO	47
4.2 SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA	56
4.3 GESTÃO DA ÁGUA	58
4.4 GESTÃO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	62
4.5 SISTEMAS DE ESGOTO SANITÁRIO E DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	65
4.5.1 Sistema Separador Absoluto	65
4.5.2 Sistema Combinado ou Unitário	66
4.5.3 Sistema Único Alternativo	66
4.5.4 Sistemas de esgoto	66
4.5.4.1 Rede coletora de esgotos	67
4.5.4.1.1 População	69
4.5.4.1.2 Contribuição per capita de esgoto	72
4.5.4.1.3 Critérios e parâmetros de dimensionamento de redes coletoras de esgoto	76
4.5.4.2 Tratamento de esgoto sanitário	77
4.5.4.2.1 Características dos esgotos	77
4.5.4.2.2 Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários	81
4.5.5 Sistemas de drenagem de águas pluviais	87

4.5.5.1 Sistema convencional de coleta e transporte de águas pluviais	87
4.5.5.2 Sistemas urbanos de drenagem sustentável (SUDS)	99
4.5.5.2.1 Bacias de retenção e detenção	101
4.5.5.2.2 Trincheiras de infiltração com vegetação (<i>SWALES</i>)	103
4.5.5.2.3 Lagoas de Infiltração	105
4.5.5.2.4 Pavimentos Permeáveis	105
4.5.5.2.5 Sistemas de Biorretenção	108
4.5.5.2.6 Telhados Verdes	109
4.5.5.2.7 Uso de água de chuva	110
4.5.5.2.8 <i>Wetlands</i> construídas	112
4.5.5.3 Características das Águas Pluviais	114
4.5.5.4 Custos de alternativas SUDS	119
4.6 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUA “IN NATURA”	120
4.7 SISTEMAS DE SUPORTE A DECISÃO (SSD)	122
4.7.1 Introdução ao SSD	122
4.7.2 Métodos de análise multicritério	127
4.7.3 Análise econômica de projetos	129
5 MATERIAIS, MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO	135
5.1 APRESENTAÇÃO GERAL DA FERRAMENTA DE AUXÍLIO À DECISÃO	135
5.2 DETALHAMENTO DAS ETAPAS DA FERRAMENTA DE AUXÍLIO À DECISÃO	137
5.2.1 Lista de alternativas	137
5.2.2 Pré-seleção de alternativas	141
5.2.3 Pré-concepção das alternativas	141
5.2.3.1 Coleta de dados e informações	141
5.2.3.2 Estimativa de população de projeto	142
5.2.3.3 Redes coletoras	143
5.2.3.4 Tratamento	146
5.2.4 Avaliação das alternativas	156
5.2.5 Plano de implantação	158
5.3 ESTUDO DE CASO	158
5.3.1 Introdução	158
5.3.2 Clima	160
5.3.3 Recursos Hídricos	163

5.3.4 População da sede urbana	167
5.3.4.1 Período de atendimento	167
5.3.4.2 Estimativa populacional.....	169
5.3.5 Vazões de dimensionamento	173
5.3.5.1 Esgoto.....	173
5.3.5.2 Drenagem	175
5.3.6 Bacias de Contribuição	176
5.3.7 Escolha das Alternativas	178
5.3.8 Pré-dimensionamento das Alternativas de SSA e SUA para Nobres	180
5.3.8.1 Redes coletoras de esgoto – SSA.....	180
5.3.8.2 Rede coletora de drenagem – SSA sem SUDS.....	182
5.3.8.3 Rede coletora de drenagem – SSA com SUDS.....	185
5.3.8.4 Rede coletora combinada – SUA sem SUDS	186
5.3.8.5 Rede coletora combinada – SUA com SUDS	191
5.3.8.6 Sistema de tratamento de esgotos – SSA e SUA	192
5.3.8.6.1 Determinação do grau de eficiência de tratamento	192
5.3.8.6.2 Escolha do processo de tratamento do SSA	195
5.3.8.6.3 Escolha do processo de tratamento do SUA	203
5.3.8.7 SUDS – SSA e SUA.....	207
5.3.8.7.1 Trincheiras de Infiltração	207
5.3.8.7.2 <i>Wetlands</i> construídas.....	211
5.3.9 Avaliação das Alternativas	216
5.3.9.1 Avaliação de desempenho hidráulico	216
5.3.9.2 Avaliação econômica	221
5.3.9.3 Avaliação Ambiental.....	248
5.3.9.4 Avaliação Global	258
5.3.9.5 Análise de Sensibilidade	259
5.3.10 Plano de Implantação	273
5.3.10.1 Avaliação ambiental para implantação do sistema de drenagem	273
5.3.10.2 Avaliação Social para implantação do sistema de esgotos.....	277
6 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	301
7 TRABALHOS FUTUROS	307
REFERÊNCIAS	308
APÊNDICES.....	323

1 INTRODUÇÃO

Do volume total de água existente no planeta 97,4% estão nos mares e oceanos, 2,0% nas geleiras e calotas polares, 0,585% nos aquíferos subterrâneos, 0,014% nos rios e lagos e 0,001% na atmosfera. Desses, apenas 0,6% (aquíferos subterrâneos, rios e lagos e na atmosfera) podem ser considerados acessíveis e próprios para a sustentação da vida humana, plantas e vida animal (MIELI, 2001).

Atualmente a demanda por água cresce de maneira análoga ao crescimento econômico e ao bem-estar da população. Porém a sociedade nem sempre está ciente de que estes aumentos estão intrinsicamente conectados e, por consequência, o desenvolvimento econômico está sendo limitado pela falta desse recurso, sendo que em alguns países já se enfrenta a escassez de água.

Considerando esse cenário um paradoxo se apresenta, no qual a necessidade de utilização desse recurso é clara para o desenvolvimento humano, mas também é necessária a garantia da sustentabilidade desse recurso para o futuro.

O acesso a um saneamento adequado, considerando todas as suas vertentes, se torna primordial para a manutenção do recurso água. No que concerne o abastecimento de água deve-se procurar um sistema mais eficiente que minimize ou até mesmo elimine o desperdício desse insumo. No caso dos resíduos sólidos urbanos, existe a necessidade de se rever, há tempo, a prática comum nos países emergentes, como o Brasil, onde grande parte dos resíduos ainda são depositados em lixões ou aterros sanitários, fontes de poluição das águas superficiais e subterrâneas. Países mais desenvolvidos economicamente adotam a alternativa dos aterros sanitários como última opção para a destinação de seus resíduos sólidos.

A drenagem das águas pluviais e os esgotos são outras áreas de preocupação no que diz respeito à poluição das águas, quer sejam subterrâneas ou superficiais. Nos países emergentes, além dos problemas da inexistência ou de sistemas inadequados de drenagem e esgotos em grandes municípios e na zona rural, existe uma área intermediária, identificada como pequenos municípios, com população até 50.000 habitantes, em que as soluções rurais e de grandes municípios não atendem à necessidade da população ou a sua implementação é inviável. Assim, surge a necessidade de se encontrar alternativas, combinando as aplicadas nas áreas rurais e nos grandes municípios ou ainda apresentando novas soluções que viabilizem o atendimento a essas populações.

O presente trabalho se insere nesse contexto, apresentando soluções alternativas e uma ferramenta que apoie os agentes decisores na escolha do sistema mais adequado para drenagem das águas pluviais e sistemas de esgotos em municípios.

A hipótese central da pesquisa é que a elaboração de uma ferramenta de apoio à decisão que apresente alternativas integradas, e tecnicamente viáveis, de sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem urbana, possa contribuir para a elaboração de planos de gestão de águas urbanas para a efetiva mitigação de problemas relacionados aos impactos oriundos do manejo inadequado do esgoto sanitário e das águas pluviais.

Tais planos de gestão das águas urbanas devem considerar, portanto, os aspectos social, ambiental, econômico e técnico de maneira a se encontrar a melhor alternativa que atenda a essas quatro vertentes.

2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

A luz da realidade apresentada, a pesquisa tem como objetivo geral a concepção de um instrumento conceitual e matemático que auxilie na elaboração de planejamento, implementação e gestão de sistemas separadores e combinados de esgotamento sanitário e drenagem urbana, sob a ótica das dimensões econômica, técnica, ambiental e social.

O atendimento ao objetivo geral deverá, necessariamente, passar pelo atendimento à objetivos específicos, conforme segue:

- a) Sistematizar alternativas e metodologia de escolha de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgotos sanitários e águas pluviais, que sejam factíveis de implantação, seja em um Sistema Separador Absoluto (SSA) seja em um Sistema Único Alternativo (SUA);
- b) Revisar e aplicar metodologia de dimensionamento hidráulico de redes de drenagem (SSA) e combinada (SUA) utilizando a teoria de transporte de sedimentos, para verificação da velocidade mínima;
- c) Desenvolver rotinas para definição de sistemas de tratamento de esgotos centralizado;
- d) Desenvolver uma rotina de Sistema de Apoio a Decisão (SAD) com o objetivo de hierarquizar as alternativas dos sistemas;
- e) Desenvolver os conceitos matemáticos e lógicos para uma ferramenta computacional que permita aplicar de forma integrada os conceitos mencionados acima e que apresente a interação existente entre as diferentes abordagens econômica, técnica, ambiental e social;
- f) Aplicar a metodologia apresentada em um estudo de caso, avaliando a aplicabilidade da ferramenta, sua robustez e sensibilidade à mudança de grau de importância dos critérios avaliados. Análise comparativa entre o SSA e o SUA, apresentando os resultados e conclusões da utilização do SUA;
- g) Avaliar economicamente as alternativas de SSA e SUA, bem como o estabelecer critérios de avaliação deles; e
- h) Elaborar de um plano simplificado de implementação de sistemas de esgotamento sanitário e águas pluviais para o município de Nobres.

3 JUSTIFICATIVA

A motivação do desenvolvimento do presente trabalho teve como base a necessidade de organizar e sistematizar metodologias e técnicas utilizadas para a avaliação e escolha de alternativas, principalmente em estudos de concepção de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem urbana. Foram observadas as deficiências existentes no Brasil, nas quatro vertentes do Saneamento Básico, nos últimos 20 anos, onde a gestão individualizada de cada uma delas não contribui no equacionamento adequado das deficiências ambientais e de saúde pública, oriundas da falta de saneamento adequado. Entre as consequências do supracitado, podemos citar:

- Contaminação do solo, águas subterrâneas e superficiais, pelo chorume gerado pela degradação dos resíduos sólidos dispostos inadequadamente, que, no caso das águas, degradam a fauna e a flora local, impossibilitam o uso recreativo, para o abastecimento público, aumentando o custo de transporte em função da busca de mananciais de abastecimento mais distantes;
- Risco à saúde pública, danos materiais e de contaminação das águas superficiais, causados por enchentes, devido ao arraste de resíduos sólidos e ao contato com esgoto sem coleta e tratamento adequados. A inexistência de um sistema de drenagem ou da existência de uma drenagem inadequada, causam esses problemas;
- Contaminação do solo, de águas subterrâneas e superficiais, causada por uma coleta e tratamento inadequados dos esgotos gerados que, muitas vezes são lançados sem nenhum tipo de tratamento, mesmo individual, nos corpos hídricos impactando o meio ambiente, inviabilizando o uso e aumentando os custos dos sistemas de abastecimento de água; e
- O desperdício observado em sistemas de abastecimento de água, provocado pelos altos índices de perdas no abastecimento, os quais causam a necessidade de aumentar a captação de água dos corpos hídricos. Em muitos casos inviabilizando a manutenção de uma vazão mínima a jusante para a estabilidade ambiental da região e, até mesmo, o uso dessa vazão, para a diluição de esgotos

adequadamente tratados. Assim, aumentando a necessidade de tratamentos mais sofisticados e, por consequência, mais onerosos.

Observando os dados de saneamento apresentados na introdução, considera-se que no Brasil o atendimento com água potável à população esteja encaminhado, mas não resolvido, haja visto os altos índices de perdas no sistema de abastecimento. O presente trabalho tem seu foco na gestão das águas pluviais e no atendimento da população com uma coleta e disposição final de esgotos sanitários adequados.

A concepção de um sistema de Saneamento, seja o mesmo para a distribuição de água, coleta e tratamento dos efluentes, coleta e disposição das águas pluviais e coleta e disposição dos resíduos sólidos, precisa contar com a participação de diversos agentes, os chamados “*stakeholders*”. A metodologia apresentada deverá ser aplicada por um agente que possua o mínimo conhecimento técnico nas áreas de gestão municipal e saneamento urbano.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 SUSTENTABILIDADE E SANEAMENTO BÁSICO

A conferência da ONU sobre meio ambiente, realizada em Estocolmo no ano de 1972, foi a primeira conferência mundial a tratar das questões ambientais de maneira a preservar e melhorar o ambiente humano. Dessa conferência resultou a “Declaração da Conferência da ONU no Ambiente Humano”, a qual estabelece princípios e critérios a serem seguidos pela humanidade com o objetivo de garantir a manutenção dos recursos naturais. Destes princípios destaca-se o segundo, o qual diz:

Os recursos naturais da terra incluídos o ar, a água, a terra, a flora e a fauna e especialmente amostras representativas dos ecossistemas naturais devem ser preservadas em benefício das gerações presentes e futuras, mediante uma cuidadosa planificação ou ordenamento (ONU, 1972).

Após 20 anos da conferência de Estocolmo, em 1992 as Nações Unidas realizaram, no Brasil, a segunda conferência em nível mundial para tratar das questões ambientais e avaliar o progresso alcançado. Nessa conferência, denominada “Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento” foram assinados 5 documentos, destacando-se aqui a “Agenda 21”, a qual apresenta as diretrizes para o desenvolvimento sustentável, ou seja, um desenvolvimento que garanta a sustentabilidade dos recursos naturais tanto para as gerações presentes quanto para as gerações futuras. Dentre as atividades citadas no documento, destacam-se duas relacionadas no capítulo 18, no item 18.12, que trata da garantia da sustentabilidade dos recursos hídricos:

Desenvolver fontes novas e alternativas de abastecimento de água, tais como dessalinização da água do mar, reposição artificial de águas subterrâneas, uso de água de pouca qualidade, aproveitamento de águas residuais e reciclagem da água e apoiar os grupos de usuários para otimizar o manejo dos recursos hídricos locais (IPARDES, 2001).

Em 2012, novamente na cidade do Rio de Janeiro, ocorreu a segunda conferência das Nações Unidas sobre Sustentabilidade e Desenvolvimento. O principal objetivo foi avaliar o avanço desde 1992 e reafirmar os tratados

estabelecidos. O documento resultante foi a declaração final da conferência “O Futuro que queremos”.

Com relação à Rio 92 observou-se que, de uma maneira geral, ocorreu uma evolução de forma desigual no mundo nos temas abordados, e que é preciso um esforço maior e conjunto para se atingir o objetivo desejado. Os acordos firmados no Plano de Johannesburgo e na Declaração do Milênio, que estabelecem a criação de planos integrados para o gerenciamento e utilização eficaz dos recursos hídricos, assim como a promoção do saneamento básico, acesso a água potável a um preço acessível para toda a população, até o ano de 2015, foram reforçados (ONU, 2012).

Os países signatários estabeleceram 17 Objetivos para um Desenvolvimento Sustentável ou, em inglês, *Sustainable Development Goals* (SDGs). Dentre esses destaca-se o sexto, o qual estabelece a meta para que toda a população do planeta tenha acesso a água potável e a um custo acessível até o ano de 2030. O documento final da conferência cita o reconhecimento que:

A água está no cerne do desenvolvimento sustentável, pois está intimamente ligada a uma série de importantes desafios globais. Reiteramos, portanto, a importância da integração da água no desenvolvimento sustentável e enfatizamos a importância crucial da água e do saneamento dentro das três dimensões do desenvolvimento sustentável (ONU, 2012).

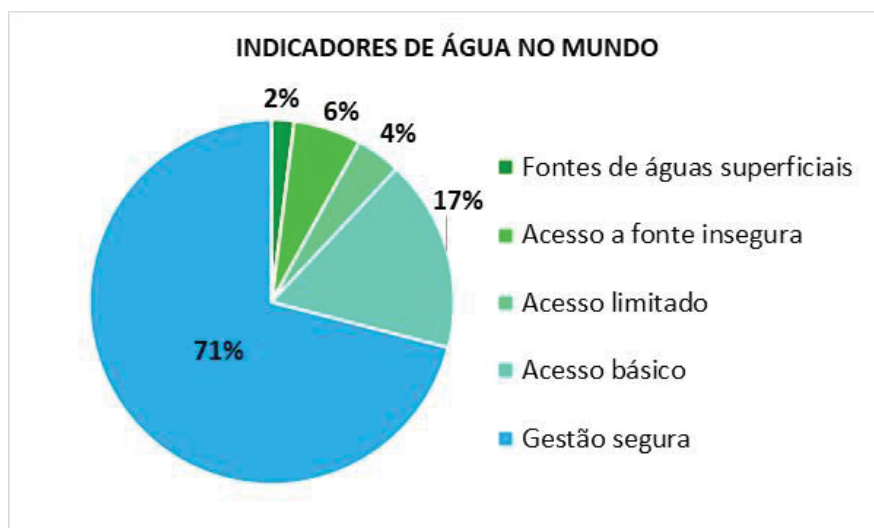
Neste sentido os indicadores estabelecidos pela WHO para mensurar a evolução no acesso à água e sistemas de esgotamento sanitário, foram (WHO, 2017):

- Acesso à água:
 - Gestão Segura (*Safely Managed*): água de boa qualidade no local de uso, disponível sempre que necessária, livre de contaminação fecal e química;
 - Acesso Básico (*Basic*): água de boa qualidade, disponível a uma distância de deslocamento de no máximo 30 minutos;
 - Acesso Limitado (*Limited*): água de boa qualidade, disponível a uma distância de deslocamento maior que 30 minutos;
 - Acesso Fonte Insegura (*Unimproved*): água sem qualidade, como poços desprotegidos; e
 - Águas Superficiais (*Surface Water*): águas diretamente de fontes superficiais, sem tratamento, como rios, reservatório e canais.

- Sistema de esgotamento sanitário:
 - o Gestão segura (*Safely managed*): esgotoamento através de instalações individuais onde os resíduos são dispostos adequadamente no próprio local ou transportados e tratados em sistemas coletivos;
 - o Básico (*Basic*): esgotamento através de instalações individuais;
 - o Limitado (*Limited*): esgotamento através de instalações coletivas;
 - o Inadequado (*Unimproved*): esgotamento através de instalações inadequadas, como instalações externas à casas, onde os resíduos fisiológicos são depositados em valas;
 - o Defecação direta (*Open defecation*): as necessidades fisiológicas são realizadas lugares abertos como campos, florestas, arbustos, rios, praias, entre outros.

O relatório da Organização Mundial da Saúde (WHO) de 2017 apresenta que, no ano de 2015 no mundo, o acesso à água se enquadrava como de gestão segura para 71% da população e 39% possuía uma gestão segura dos esgotos. O GRÁFICO 1 apresenta as porcentagens de cada indicador, com relação ao acesso a água, e o GRÁFICO 2 com relação ao esgotamento sanitário, para o ano de 2015.

GRÁFICO 1 – INDICADORES DE ACESSO A ÁGUA NO MUNDO

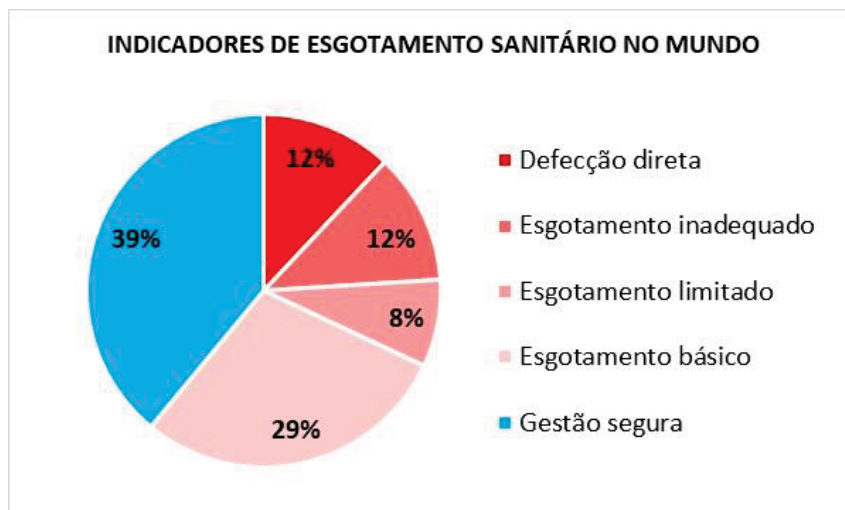


FONTE: Adaptado de WHO (2017).

Destaca-se ainda, no mesmo documento, a necessidade de se mitigar os problemas originados pelas secas, escassez de água de distribuição e cheias, através

da manutenção do equilíbrio de oferta e demanda, utilizando, inclusive, águas de qualidade inferior à potável, de acordo com os diversos usos restritos e permissíveis.

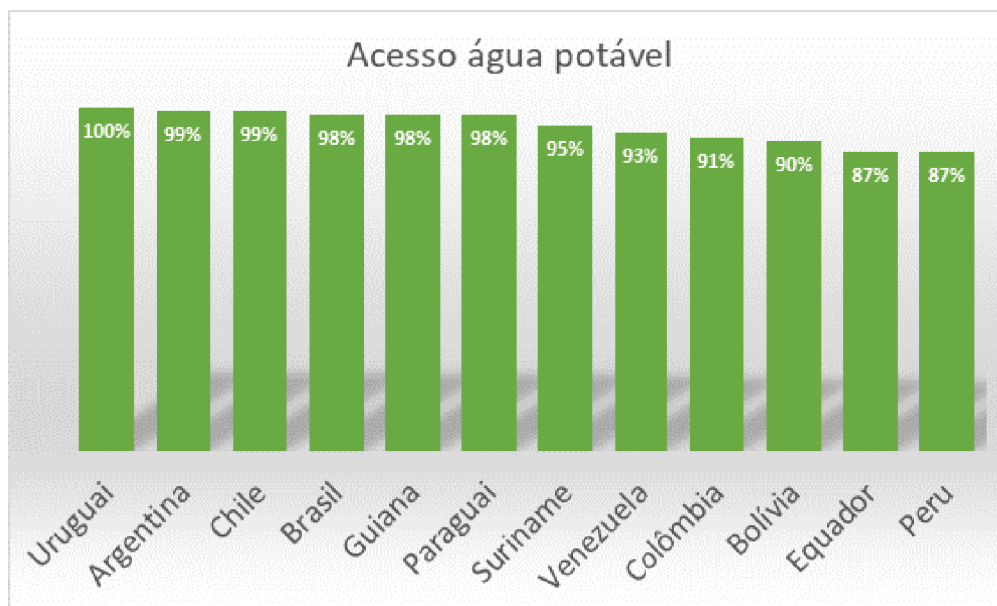
GRÁFICO 2 – INDICADORES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNDO



FONTE: Adaptado de WHO (2017).

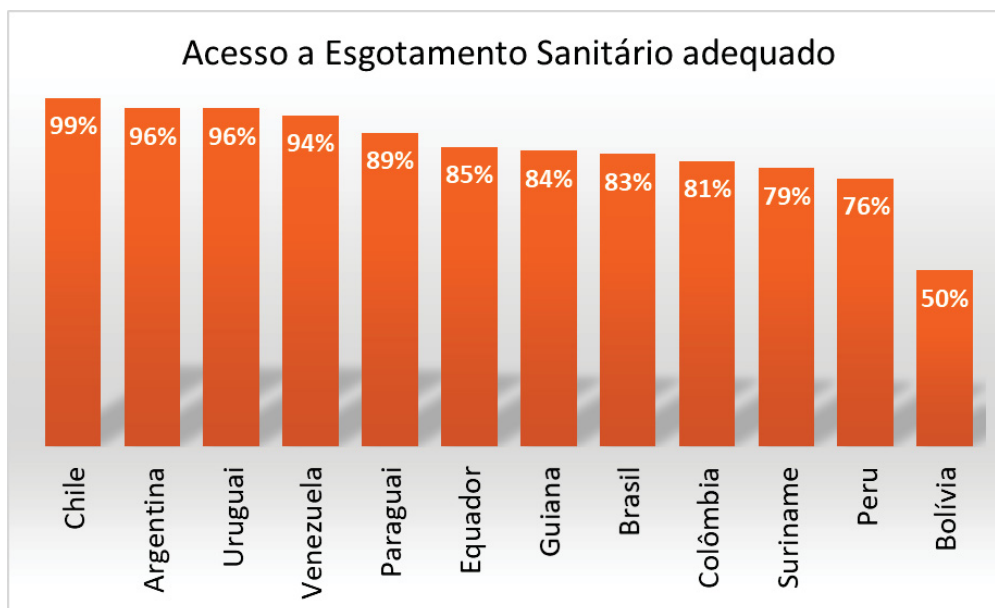
Com relação a América do Sul o Brasil aparece em quarto lugar em atendimento à população com acesso a água e em oitavo lugar no acesso a esgotamento sanitário adequado, como pode ser observado, respectivamente, no GRÁFICO 3 e GRÁFICO 4 (WHO, 2017).

GRÁFICO 3 – INDICADORES DE ACESSO A ÁGUA POTÁVEL NA AMÉRICA DO SUL



FONTE: Adaptado de WBG (2017).

GRÁFICO 4 – INDICADORES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA AMÉRICA DO SUL



FONTE: Adaptado de WBG (2017).

A Lei Federal nº11.445 de 2007 brasileira define, em seu artigo 3º, saneamento básico como sendo:

O conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes de drenagem. (BRASIL, 2007).

Ainda segundo a referida Lei, destacam-se os seguintes princípios fundamentais, em seu artigo 2º, referente aos serviços públicos de saneamento básico:

- I – universalização do acesso;
- III – abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde e à proteção do meio ambiente;
- V – adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;
- VII – eficiência e sustentabilidade econômica;
- VIII – utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas
- XII – integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

O acesso aos serviços de saneamento deve ser assumido como uma questão de saúde pública, sendo um direito de todo cidadão e fundamental para uma melhor qualidade de vida. Nesse contexto o saneamento básico pode ser definido como

sendo as ações e serviços aplicados com o objetivo do aumento da salubridade ambiental (VAZ, 2009).

Como apresentado no GRÁFICO 2, 32% da população mundial não possui acesso a um esgotamento sanitário adequado. Com relação ao Brasil, os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2018 mostram que, apesar da evolução dos últimos anos, ainda existe descaso por parte das prefeituras municipais com relação ao saneamento básico, na medida que, dos 5.570 municípios do Brasil, 5.146 responderam os formulários completo ou simplificado para o abastecimento de água e 4.050 para o esgotamento sanitário, ou seja, não se tem informação sobre essas duas vertentes do saneamento básico em 7,6% e 27,3% dos municípios, respectivamente para água e esgoto. Assim, em termos de população urbana, o universo amostral dos dados representa 173.203.915 habitantes, no que concerne às informações de abastecimento de água, e 164.065.173 habitantes relativas aos dados de esgoto. Isto posto, para o universo amostral apresentado, o estudo do SNIS mostra que 92,8% da população urbana era atendida com abastecimento de água, 60,9% tinham seus esgotos coletados e, com relação ao tratamento dos esgotos, apenas 46,3% dos esgotos gerados e 74,5% dos esgotos coletados eram tratados (BRASIL, 2019a).

No caso das águas pluviais o cenário é mais alarmante, onde apenas 3.603 municípios forneceram informações sobre seu sistema de drenagem, resultando no desconhecimento da situação em 1.963 municípios. A população urbana total representada na amostra foi estimada em 146.650.453 habitantes, representando 84,2% da população total urbana estimada para o ano de 2018. Do universo amostral apresentado apenas 54,8% dos municípios possuíam sistemas de águas pluviais exclusivos para drenagem e 3,6% algum tipo de tratamento das águas pluviais (BRASIL, 2019b).

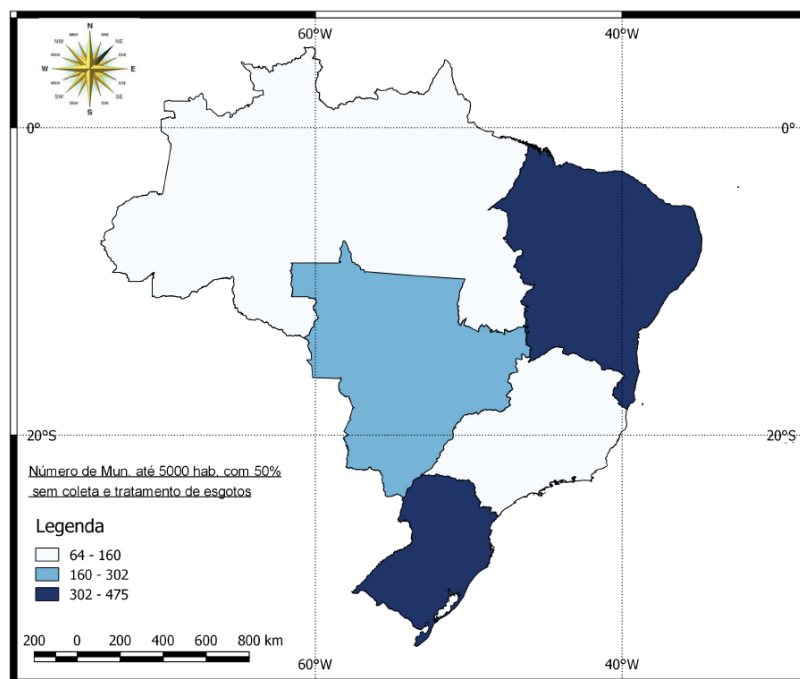
Os dados apresentam a discrepância existente entre a preocupação no atendimento às demandas por água e ao manejo dos demais setores relacionados aos recursos hídricos, esgoto e águas pluviais, além do sistema de manejo dos resíduos sólidos, demonstrando uma gestão isolada do saneamento básico.

Outro problema, apontado por Pilgrim et al. (2007), é que os esforços para atender à população com abastecimento de água e saneamento adequado, focam em duas grandes áreas, a rural e os grandes municípios. No limbo, encontram-se os chamados pequenos municípios, cuja população varia entre 2.000 e 50.000

habitantes, onde nem a gestão governamental ou de empresas de saneamento, nem a gestão da própria comunidade são viáveis. Os autores ainda apresentam uma estatística interessante, em que países como México, Bangladesh e Uganda, possuem, para cada grande município (população entre 50.000 e 200.000 habitantes) existem entre 8 a 10 pequenos municípios. Considerando a grande quantidade desses municípios, a maneira de gerenciamento dos mesmos tem que ser realizada de maneira adequada, considerando que, caso esse município tenha sua infraestrutura gerenciada, projetada, como nas áreas rurais, pode ocorrer um subdimensionamento dos sistemas de infraestrutura, que deixem de atender às necessidades da população em um futuro próximo, devido ao seu crescimento populacional. Caso contrário, se gerencie como os grandes municípios, esses sistemas podem se mostrar muito grandes e inviáveis economicamente de se manter. Consequentemente, é necessário estabelecer um gerenciamento para esses municípios que, provavelmente, envolva soluções adotadas em ambas as áreas, rural e grandes municípios.

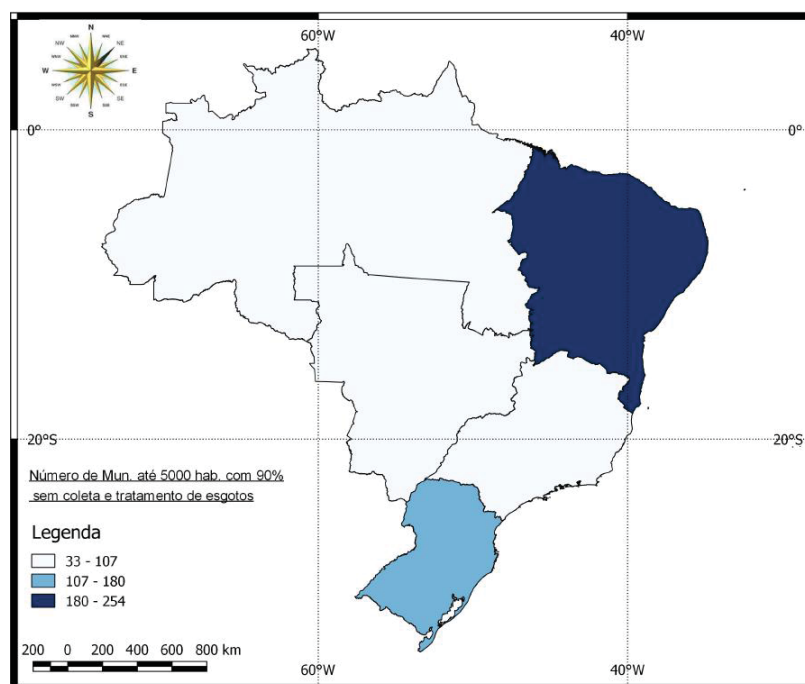
No Brasil, segundo os dados apresentados no Atlas de Esgoto produzido pela Agência Nacional de Águas (ANA), para o ano base de 2013, 1023 municípios brasileiros possuíam acima de 90% de sua população sem coleta e tratamento de seus efluentes, sendo que 973 desses municípios tinham uma população estimada abaixo de 20000 habitantes. Considerando a falta de atendimento de 50% ou superior, o número de municípios nessa situação era de 2560, com 2250 desses com população inferior a 20000 habitantes. No caso de municípios com população inferior a 5000 habitantes, 601 tinham um déficit de coleta e tratamento maior ou igual a 90% e um total de 1233 municípios onde a falta de atendimento era maior ou igual a 50%. A FIGURA 1, FIGURA 2, FIGURA 3 e FIGURA 4, apresentam o cenário descrito por região brasileira (BRASIL, 2017a).

FIGURA 1 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM POPULAÇÃO ATÉ 5000 HABITANTES COM 50% OU MAIS DE SEUS ESGOTOS SEM COLETA E SEM TRATAMENTO POR REGIÃO



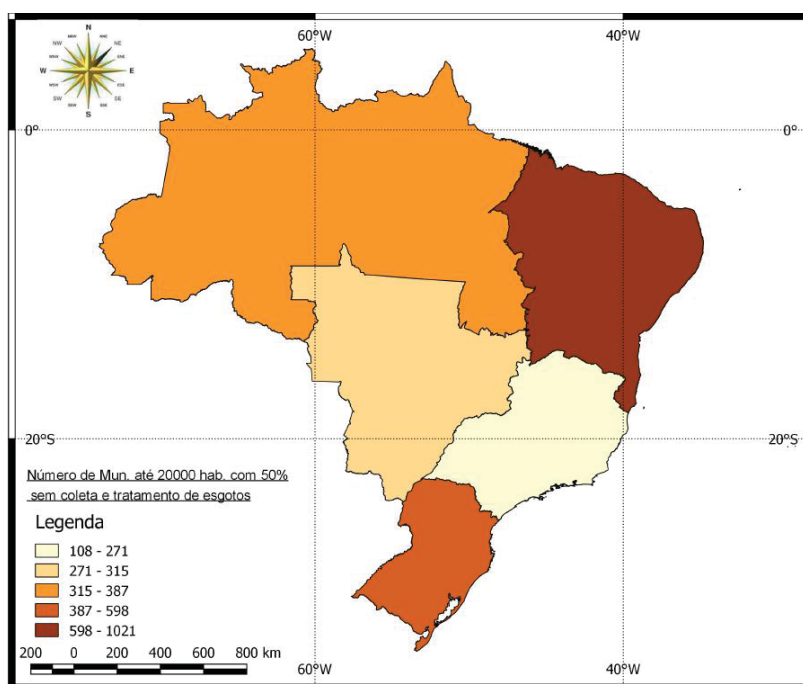
FONTE: Adaptado de BRASIL (2017).

FIGURA 2 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM POPULAÇÃO ATÉ 5000 HABITANTES COM 90% OU MAIS DE SEUS ESGOTOS SEM COLETA E SEM TRATAMENTO POR REGIÃO



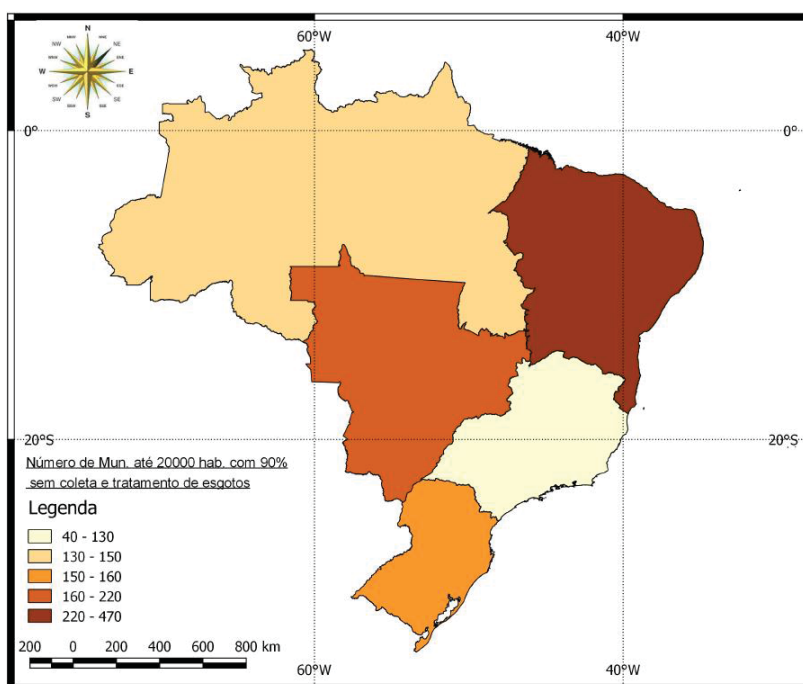
FONTE: Adaptado de BRASIL (2017).

FIGURA 3 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM POPULAÇÃO ATÉ 20000 HABITANTES COM 50% OU MAIS DE SEUS ESGOTOS SEM COLETA E SEM TRATAMENTO POR REGIÃO



FONTE: Adaptado de BRASIL (2017).

FIGURA 4 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM POPULAÇÃO ATÉ 20000 HABITANTES COM 90% OU MAIS DE SEUS ESGOTOS SEM COLETA E SEM TRATAMENTO POR REGIÃO



FONTE: Adaptado de BRASIL (2017).

4.2 SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA

Heller (1997) citando autores como Rosen (1994)¹, USEPA (1190)², Ferreira (1982)³ e Capra (1982)⁴, apresenta que a muito já é reconhecida a relação entre o saneamento e a saúde. Isso pode ser visto pela presença de ruínas com banheiros na Índia, que datam de mais de 4000 anos atrás, a construção de aquedutos e sistemas para a destinação de resíduos no Egito antigo, os relatos apresentados de formas de purificação da água através da fervura, aquecimento no sol e até a filtração em areia ou cascalho, datados do ano 2000 antes de Cristo.

O acesso a água de qualidade, esgotamento sanitário adequado e higiene pessoal, como meio de proteção à saúde, se apresentam como uma das principais preocupações de organismos internacionais, haja visto os vários fóruns e conferencias internacionais realizadas sobre o tema, como a Conferência Mundial da Água realizada em Mar del Plata em 1977 na Argentina, a Assembleia Geral das Nações Unidas em Joanesburgo para o Desenvolvimento Sustentável em 2002, de onde resultaram os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (WHO, 2011).

Cvjetanovic (1986) propõe um modelo simplificado dos efeitos diretos e indiretos do abastecimento público de água e o esgotamento sanitário sobre a saúde pública, o qual é reproduzido na FIGURA 5.

Com relação às doenças relacionadas ao saneamento inadequado, Fonseca e Vasconcelos (2011) avaliaram a correlação espacial das chamadas Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DSRAI), nos municípios do Brasil. As DSRAI, segundo os autores, citando Costa et al. (2002)⁵, são enfermidades infectoparasitárias de importância epidemiológicas que possuem relação com o saneamento, sendo as principais:

¹ ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: HUCITEC, 1994. 423p. (Saúde em debate; 74).

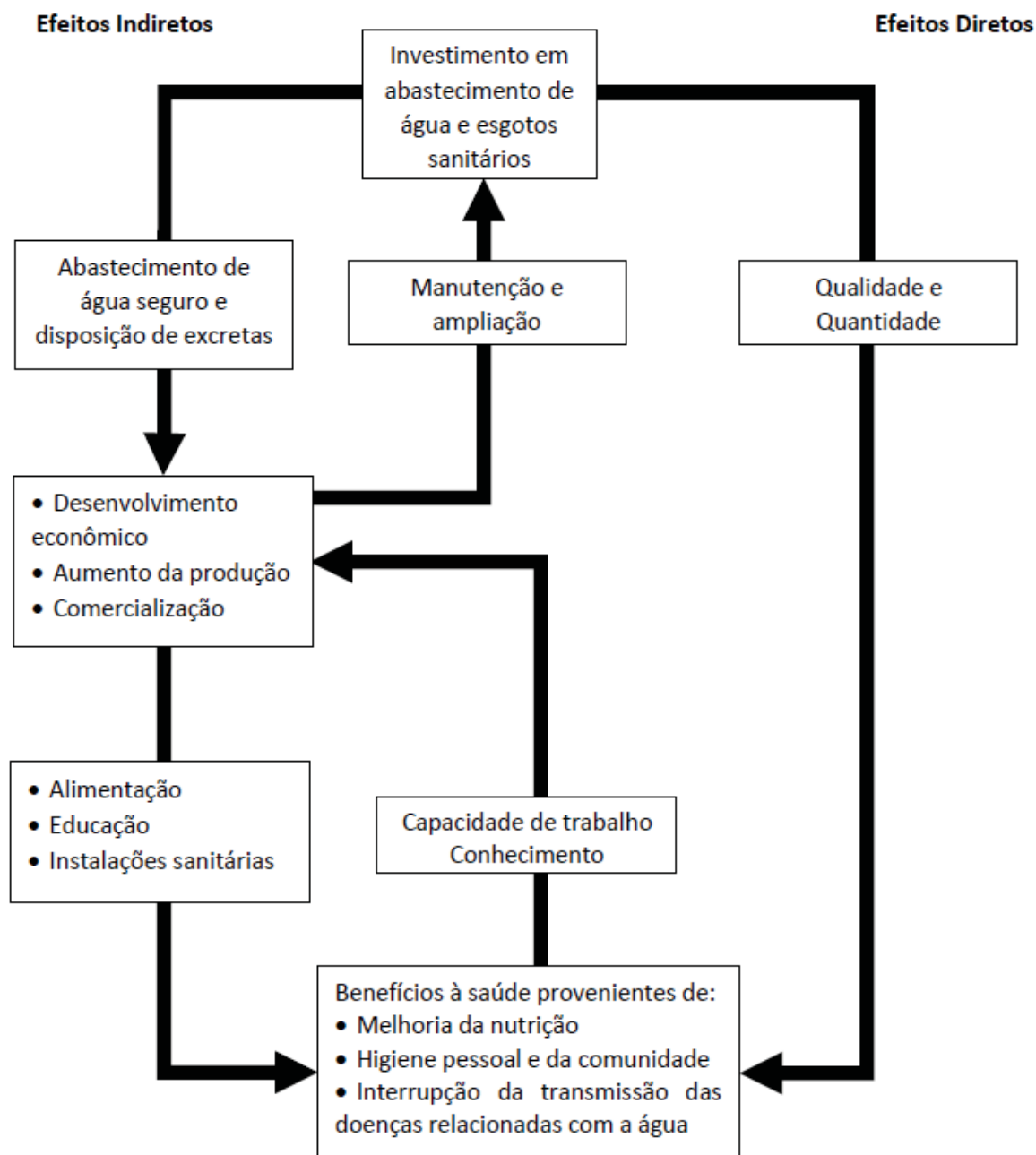
² UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Environmental pollution control alternatives**: drinking water treatment for small communities. Cincinnati: EPA, 1990. 82p.

³ FERREIRA, F.A.G. **Moderna saúde pública**. 5ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1982. V.1. 721p.

⁴ CAPRA, F. **O ponto de mutação**. 14ed. São Paulo: Cultrix, 1982. 445p.

⁵ COSTA, A. M. et al. Classificação de doenças relacionadas a um saneamento ambiental inadequado (DSRAI) e os sistemas de informações em saúde no Brasil: possibilidades e limitações de análise epidemiológica em saúde ambiental. In: **XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. Cancún: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. p. 1-5. 2002.

FIGURA 5 – MODELO CONCEITUAL DOS EFEITOS DIRETOS E INDIRETOS DAS AÇÕES DE SANEAMENTO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO, SOBRE A SAÚDE.



FONTE: CVJETANOVIC (1986).

- Diarreia;
- Febres entéricas;
- Hepatite A;
- Dengue;
- Febre Amarela;
- Leishmanioses;
- Filariose linfática;

- Malária;
- Doença de Chagas;
- Esquistossomose;
- Leptospirose;
- Doenças dos olhos;
- Tracoma;
- Conjuntivites;
- Doenças da pele;
- Micoses superficiais;
- Helmintíases; e
- Teníases.

No estudo realizado os autores concluíram que as DRSAI possuem relação direta com o ambiente degradado, a aglomeração humana e a falta de saneamento adequado.

Ainda no sentido de se estabelecer uma relação entre o saneamento ambiental adequado e as doenças relacionadas à falta desse, Teixeira e Guilhermino (2006) realizaram uma análise dessa associação a partir dos dados indicadores e dados básicos para a saúde de 2003. O estudo, segundo os autores, comprovou a hipótese da existência dessa relação, à medida que as análises realizadas demonstraram que, para o universo de dados avaliados, o aumento da cobertura de esgotamento sanitário diminuiu a mortalidade por diarreia aguda em crianças menores de cinco anos e o aumento do abastecimento de água diminuiu a mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias para todas as idades.

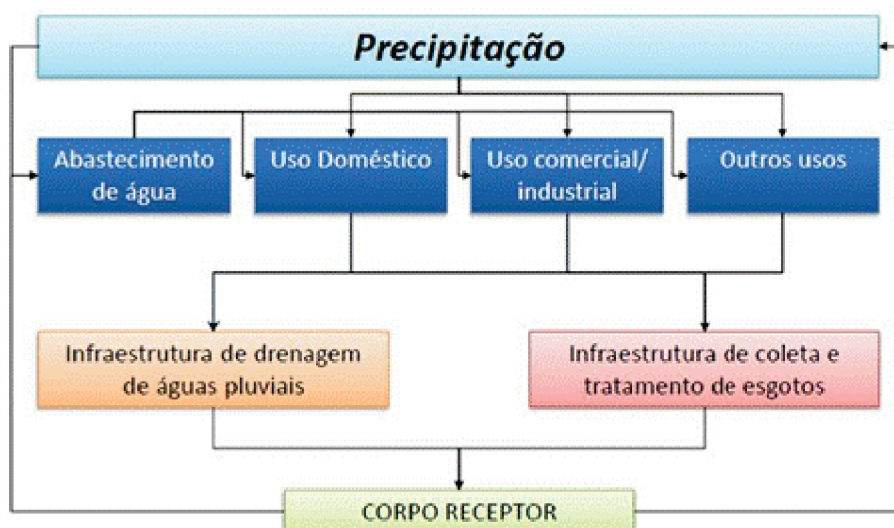
Destaca-se aqui a incidência de morte por diarreia em crianças menores de 5 anos, sendo que, segundo a Organização Mundial da Saúde, a doença é a segunda maior causa de mortes em crianças com idade abaixo de 5 anos matando mais que a AIDS, malária e o sarampo combinados (WHO, 2009).

4.3 GESTÃO DA ÁGUA

Coombes e Kuczera (2002) citam a necessidade de uma nova metodologia para entender de uma maneira mais clara o gerenciamento do ciclo das águas urbanas e, desta maneira, desenvolver soluções melhores para esse gerenciamento. Uma das soluções seria a aplicação de métodos descentralizados de gerenciamento

como alternativa para suplementar a abordagem centralizada atual. Os autores apresentam uma figura esquemática do ciclo das águas urbanas, a qual é reproduzida na FIGURA 6.

FIGURA 6 – CICLO DAS ÁGUAS URBANAS



FONTE: Adaptado de COOMBES e KUCZERA (2002).

Ainda segundo os autores, nos deparamos com o paradigma onde o gerenciamento do ciclo da água é compartimentalizado em água de abastecimento, esgoto e águas pluviais. Essa forma de gerenciamento está enraizada em nossa maneira de gestão. Alguns gestores defendem essa abordagem separada, justificando que cada sistema possui suas complexidades e são intrinsicamente diferentes. Porém, outros entendem que essa separação resulta em soluções não otimizadas para a comunidade e o meio ambiente.

Segundo Maheepala et al. (2010), se o objetivo do gerenciamento das águas urbanas é ser sustentável, uma integração entre os diversos aspectos dos ciclos da água e seus impactos deve ser adotada. Dessa maneira o setor de abastecimento de água deve se integrar com os setores de tratamento de efluentes, manejo de águas pluviais, meio ambiente e os planejadores urbanos e encontrar uma maneira prática e sustentável de suprir e controlar as demandas, não comprometendo o atendimento às necessidades das gerações futuras.

A visão isolada dos sistemas de águas urbanas, a qual pode ser denominada de gerenciamento convencional das águas urbanas, apresenta-se ultrapassada sob a perspectiva de um crescimento urbano e das mudanças climáticas que ocorrem em

nosso mundo. O gerenciamento das águas urbanas deve procurar garantir o acesso à água e as infraestruturas e serviços de saneamento. Assim as águas de chuva, esgotos, cheias, poluição das águas superficiais, controle de doenças e epidemias, degradação dos recursos, entre outros, devem ser gerenciados da mesma maneira (BAHRI, 2012).

A luz dessa realidade o gerenciamento integrado das águas urbanas passa a estabelecer uma nova estrutura na relação entre o meio urbano e a água e outros recursos, apresentando uma nova contextualização na maneira que esses recursos são gerenciados (BAHRI, 2012).

Esse tipo de gerenciamento pode ser definido como uma abordagem a ser utilizada pelas empresas responsáveis pelos recursos hídricos, para gerenciar os sistemas de água (água para abastecimento, esgoto e águas pluviais) procurando minimizar o impacto no meio ambiente, maximizar sua contribuição social e vitalidade econômica e, em geral, promover o progresso da comunidade (MAHEEPALA et al., 2010).

Segundo Bahri (2012) o gerenciamento integrado das águas urbanas:

- a) classifica todos os recursos da água de captação urbana em: água azul (água superficial, água subterrânea, água transferida, água dessalinizada), água verde (água de chuva), preta, marrom, amarela e água cinza (esgotos), água recuperada, águas pluviais e água virtual;
- b) classifica usos da água de acordo com a qualidade das diferentes fontes (água superficial, água subterrânea, diferentes tipos de esgotos, água recuperada e águas pluviais) e com a qualidade requerida pelos diversos usos;
- c) considera o armazenamento de água, distribuição, tratamento, reciclagem e disposição como um ciclo, ao invés de atividades separadas, e planeja a infraestrutura baseada nesse ciclo;
- d) planeja a proteção, conservação e exploração da água em suas fontes;
- e) leva em consideração outros usos, além dos urbanos, para a mesma água;
- f) reconhece e procura se alinhar com as instituições formais (organizações, legislação e políticas) e as informais (normas e convenções) que gerenciam a água na cidade e para a mesma; e
- g) procura balancear a eficiência econômica, igualdade social e sustentabilidade ambiental.

CIWEM (2009) define também a Drenagem Urbana Integrada (DUI) como sendo o planejamento ou gerenciamento de um sistema urbano de drenagem, de maneira a se entender a interação entre os diferentes componentes físicos desses sistemas e a necessária integração entre as diferentes organizações para que os sistemas operem de forma eficaz.

No intuito de exemplificar o ganho com a gestão integrada, cita-se a pesquisa de Lemos et al. (2013), onde foram avaliados os impactos ambientais gerados pelo sistema de águas urbanas, para Aveiro em Portugal, no qual foi utilizada a metodologia avaliação do ciclo de vida. Foram identificados os principais impactos gerados por todo o ciclo das águas urbanas, desde a captação até a sua disposição final após o uso. Através desse estudo os autores puderam propor ações para minimizar os impactos ambientais gerados em todas as etapas do ciclo da água urbana. Porém, cabe salientar, a conclusão apresentou que os resultados encontrados a partir da análise não devem ser extrapolados para outras áreas, pois vários fatores específicos da área afetam os parâmetros. Assim, a análise deve ser realizada de maneira sistemática para cada região em estudo.

Outro excelente exemplo de como a gestão integrada pode ser aplicada é apresentado no trabalho de Pikaar et al. (2014). Nesse trabalho os autores pesquisaram a contribuição dos sais de alumínio ou ferro aplicados em estações de tratamento de água, na fase de coagulação, na formação de ácido sulfúrico, agente causador de corrosão nas tubulações de concreto em redes coletoras de esgotos. Um dos resultados da pesquisa foi que 52% do sulfato presente no esgoto sanitário seria proveniente da adição de sulfato de alumínio usado como coagulante, demonstrando que a visão desconecta dos sistemas de distribuição de água e de coleta e tratamento de esgotos é equivocada.

Marlow et al. (2013) cita que, em geral, o principal objetivo de um sistema sustentável de águas urbanas é gerar maiores benefícios que os apresentados pelos sistemas convencionais. Segundo o autor, citando THOMAS e MCLEOD (1992)⁶ e SPEERS (2009)⁷, entre 50 a 75% dos custos de operação e implantação de um sistema de abastecimento de água, drenagem e esgoto, são representados pelas

⁶ THOMAS, J.F.; MCLEOD, P.B. **Australian research priorities in urban water services and utilities area**. Division of water resources, n. 7. Australia: CSIRO, 1992.

⁷ SPEERS, A. **Urban water futures**. In: Newton, P.W. (ed.), *Transitions: Pathways toward sustainable urban development in Australia*. Melbourne: CSIRO Publishing, chapter 29, p. 451-460, 2009

redes de abastecimento e de coleta de esgotos. Como consequência a redução da necessidade dessas redes ocasionaria uma redução de custo no sistema ou uma transferência da utilização dos investimentos para o tratamento de água, esgoto e águas pluviais.

4.4 GESTÃO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O setor do saneamento no Brasil, ao contrário de outros setores como telefonia e de energia, se apresenta como um monopólio de operadoras que, até a promulgação do marco legal do saneamento (Lei nº 11.445/2007), não possuía um controle legal, operando livremente de acordo com a governança política eleita, variando de mandato a mandato de acordo seus interesses (SALGADO e MOTTA, 2007).

A administração pública para o setor se apresenta de forma relativamente confusa, quando se trata da competência do poder concedente e responsável pelo atendimento, onde as interpretações dessa competência, do que se encontra escrito na Constituição Federal, varia entre os analistas. Alguns entendem que, por ser um serviço de interesse local, o poder concedente seria o município, porém, outros entendem que o descrito na Constituição, que estabelece que os estados devem primar pelo serviço de saneamento, sendo esses então reconhecidos como o poder concedente. Salienta-se ainda o caráter financiador do governo Federal, que é a principal fonte recursos para a implantação dos serviços de saneamento, ou seja, segundo os autores, o poder Municipal é o que detém o poder de concessão, o Estadual, na grande maioria dos municípios, é o responsável pela prestação dos serviços e o Federal é o principal financiador (SALGADO e MOTTA, 2007).

No ano de 2007 foi promulgada a Lei nº 11.445 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes e bases direcionadas à provisão de saneamento básico para a população (BRASIL, 2007), tendo sido regulamentada em 2010 através do decreto nº 7.217 de junho de 2010 (BRASIL, 2010a).

A referida Lei estabelece que deverá ser promovida a universalização do acesso, em sua integralidade, ao saneamento básico. Este deve ser compreendido como as atividades ligadas ao abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos sanitários, serviços de drenagem e manejo das águas pluviais e limpeza urbana

considerando o manejo dos resíduos sólidos com sua gestão adequada visando a garantia da saúde pública e proteção ao meio ambiente (BRASIL, 2007).

Apesar de não estar destacada de forma explícita na Constituição Federal do Brasil, o saneamento básico como direito do cidadão, em seu artigo 6º é destacado o direito social à saúde de todos os cidadãos. Sendo o saneamento básico uma questão de saúde pública, destaca de maneira implícita esse direito ao cidadão. Em seu artigo 196, a Constituição Federal, atribui ao Estado a garantia do acesso universal e igualitário das ações para a mitigação, proteção e recuperação da redução de doenças a todos, reforçando, também de maneira implícita, a necessidade de um saneamento adequado (BRASIL, 1988).

No Brasil, o titular dos serviços, aqui entendido como os Municípios e o Distrito Federal, como principalmente destacado no artigo 30, inciso V da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), pode delegar a prestação dos serviços de saneamento, a partir de três formas de celebração de contrato:

- A forma direta, em que o titular, através de órgãos de sua administração, autarquias, empresas públicas ou ainda sociedades de economia mista, executam a prestação dos serviços;
- A forma contratada, onde os serviços podem ser concedidos ou permitidos a uma empresa privada, ou ainda, através de gestão associada;
- A forma de autorização, onde os serviços são autorizados pelo titular a associações ou cooperativas, com certas limitações de abrangência, como condomínios e localidades de pequeno porte.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), classifica os prestadores de serviços de água potável e esgoto sanitário segundo sua abrangência de atendimento e sua natureza jurídica, sendo o último relacionado à forma de contrato celebrado entre o prestador de serviços e o titular do serviço. Em termos de abrangência citam-se os de abrangência regional, responsáveis pelo atendimento de diversos municípios, os de abrangência microrregional, atendendo também mais de um município, porém em menor quantidade que os prestadores de serviços regionais, e os de abrangência local, que atendem apenas a um município (BRASIL, 2019).

Juridicamente os prestadores de serviços, segundo FUNASA (2001), são classificados em:

- Administração Direta: as prefeituras municipais assumem diretamente a administração dos serviços de saneamento;
- Autarquia: entidades criadas por lei específica, com completa autonomia jurídica, administrativa e financeira, para a gestão administrativa, operacional dos serviços de saneamento;
- Sociedade de Economia Mista: empresas com maioria de capital público cuja organização se caracteriza por ser uma sociedade anônima (BRASIL, 2016);
- Empresa Pública: empresa com capital social total público, nas três esferas de poder, criada a partir de autorização legislativa (BRASIL, 2016);
- Empresa Privada; e
- Organização Social: pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, que recebem auxílio governamental. (BRASIL, 1998)

Observa-se que a legislação estabelece condições para a validação dos referidos contratos de prestação de serviço, destacando-se a necessidade da existência de um Plano de Saneamento Básico e estudo de viabilidade técnica econômico-financeira que comprovem a viabilidade da prestação de alcance integral e universal dos serviços, nos quais se insere o presente estudo. (BRASIL, 2007).

Atualmente as formas de contratação são realizadas através de licitação submetida às diretrizes estabelecidas na Lei nº 8.987 de fevereiro de 1995 (BRASIL, 1998), quando se trata de concessões e permissões da prestação de serviços públicos, e na Lei nº 11.079 de dezembro de 2004 (BRASIL, 2004), quando se referem às parcerias público-privada (PPP) para a prestação desses serviços. Ambas as legislações estabelecem a necessidade de serviços adequados à população, sendo mais explícita na Lei nº 8.987, em seu artigo 6º, e mais implícita na Lei nº 11.079 em seu artigo 4º.

A promulgação das Leis supracitadas corrobora a descentralização administrativa e possibilidade de privatização dos serviços públicos, citada por Vargas e Lima (2002), onde se possibilita uma concorrência de mercado entre os entes públicos e privados, porém de maneira regulada. O estudo apresentado pelos autores analisou as características positivas e negativas das privatizações de três sistemas de saneamento, concluindo como principal característica positiva o aumento de

investimentos e a consequente expansão do atendimento, com a possibilidade de melhoria dos serviços, quando comparada com a administração pública. O principal ponto negativo observado foi a limitação do aumento ou mesmo acesso aos serviços da população de baixa renda. Porém, segundo os autores, o problema observado está na ineficiência do poder concedente, ou da própria entidade reguladora, na definição de objetivos e metas sociais a serem alcançadas pelas concessionárias privadas, nos contratos de concessão, que incluam a própria prefeitura municipal e as comunidades carentes afetadas.

4.5 SISTEMAS DE ESGOTO SANITÁRIO E DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

4.5.1 Sistema Separador Absoluto

O Sistema Separador Absoluto (SSA) se caracteriza pela existência de dois sistemas: o sistema de coleta e/ou disposição das águas pluviais e o sistema de coleta e tratamento dos esgotos.

O primeiro pode ser convencional, onde são implantadas redes de coleta, bacias de retenção ou retenção, canais de drenagem e dispositivos de lançamento no corpo receptor ou ainda constituído de drenagem sustentável que, ao invés da coleta e transporte das águas de drenagem ao corpo receptor, prioriza a disposição nos locais onde as águas de chuva atuam, através da utilização de dispositivos, tais como bacias de infiltração, áreas permeáveis, considerando pavimentos alternativos que facilitam a infiltração no solo, diminuindo, com isso, o escoamento superficial.

Com relação aos esgotos, no Brasil prevalecem duas configurações. Na primeira os esgotos são tratados em nível de lote, geralmente contemplando um tratamento primário, através dos tanques sépticos, e um tratamento secundário, através de filtros anaeróbios, com a disposição dos efluentes tratados através de infiltração no solo (sumidouros ou bacias de infiltração) ou com lançamento direto no corpo, podendo esse último passar pela rede de drenagem. A segunda configuração contempla a coleta dos esgotos e o tratamento desses efluentes em uma estação de tratamento centralizada, para posterior lançamento no corpo receptor (ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 1999).

4.5.2 Sistema Combinado ou Unitário

No Sistema Unitário (SU) as águas de infiltração, pluviais e de esgoto sanitário são conduzidos em uma única rede comum, até o tratamento e posterior disposição. Nas Estações de tratamento de esgotos, em épocas de chuvas, o excedente da capacidade da Estação é desviado, por um extravasor, diretamente para o corpo receptor (ALÉM SOBRINHO; TSUTIYA, 1999).

4.5.3 Sistema Único Alternativo

O Sistema Único Alternativo (SUA) difere do SU por transportar em uma rede única o esgoto tratado, as águas de infiltração e pluviais, ou seja, a montante do tratamento de esgotos o sistema se comporta com SSA, onde os esgotos sanitários são primeiramente tratados (HOEPERS, LOBATO e SANTOS, 2018).

Para as águas pluviais poderão existir 2 configurações possíveis. A primeira é a utilização do sistema convencional de drenagem, onde todo o escoamento superficial é coletado e transportado por uma rede coletora, podendo ou não existir bacias de amortecimento (retenção ou detenção), enquanto o segundo utiliza a filosofia da Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) onde for possível, em conjunto com o sistema convencional de coleta e disposição das águas de chuva.

Com relação aos esgotos foram consideradas, também, 2 configurações. Na primeira o tratamento de esgotos é realizado nos lotes (tratamento individual) e o efluente tratado é então direcionado para o sistema de drenagem. Na segunda configuração, os esgotos brutos são coletados por uma rede específica, direcionados para tratamentos descentralizados e os efluentes tratados serão dispostos na rede de drenagem para posterior disposição no corpo receptor.

4.5.4 Sistemas de esgoto

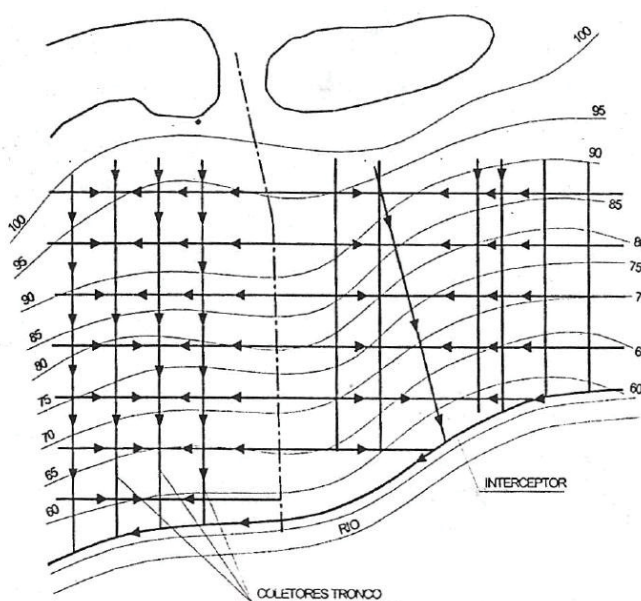
O sistema de esgotamento sanitário no Brasil, nos grandes centros urbanos, caracteriza-se pelo SSA. Fazem parte desse sistema a rede coletora de esgotos, os interceptores, emissários, sifões invertidos, estação elevatória de esgotos e estação de tratamento de esgotos (ALÉM SOBRINHO; TSUTIYA, 1999)

4.5.4.1 Rede coletora de esgotos

Segundo Além Sobrinho e Tsutiya (1999) existem três tipologias básicas de rede coletoras de esgotos, em função da topografia da cidade.

O primeiro tipo é a rede perpendicular, esquematizada na FIGURA 7, onde os coletores troncos da rede coletora são traçados de forma perpendicular ao curso da água, que circunda a região, sendo estes conectados ao interceptor e o esgoto, então, direcionado para a estação de tratamento de efluentes.

FIGURA 7 – REDE TIPO PERPENDICULAR



FONTE: ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA (1999).

O segundo tipo é utilizado em cidades ou regiões onde o terreno é acidentado, onde os coletores troncos são implantados nas regiões baixas das cidades ou fundo de vales, e desses partem coletores secundários, cujo caminhamento toma a forma de espinha de peixe ou leque, daí a denominação dessa rede ser rede em leque. Esquematicamente é apresentado na FIGURA 8.

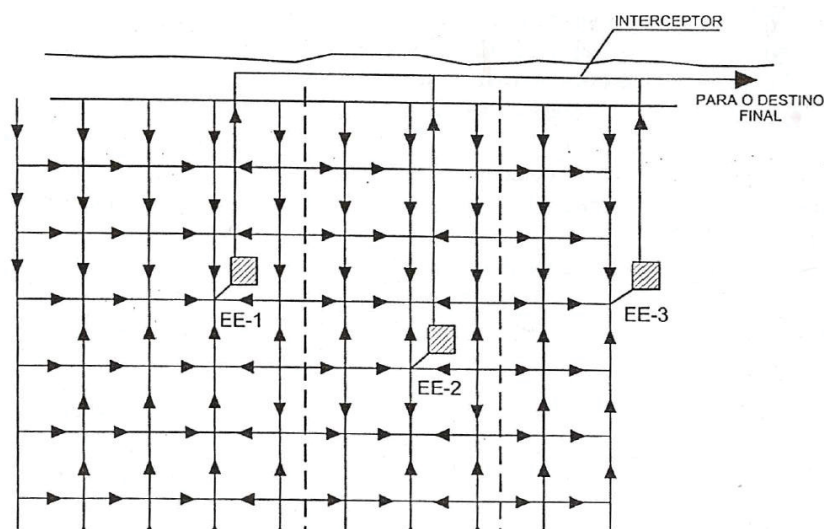
O terceiro tipo, a rede distrital ou radial, é muito utilizado em cidades planas, por exemplo cidades litorâneas, onde é adotado para a rede a declividade mínima e a mesma é direcionada até um ponto onde o cobrimento máximo da tubulação atinja um limite, sendo então implantada uma estação elevatória que recalca os efluentes para o início de outra rede ou para seu destino final, a estação de tratamento. A FIGURA 9 apresenta esse tipo de rede esquematizada.

FIGURA 8 – REDE TIPO LEQUE



FONTE: ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA (1999).

FIGURA 9 – REDE TIPO DISTRITAL OU RADIAL



FONTE: ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA (1999).

Metcalf & Eddy (2003) citam que a vazão de esgoto coletada é composta das seguintes parcelas:

- Doméstica: composta pelos efluentes gerados em edificações residenciais, comerciais e institucionais;
- Industriais: composta de efluentes gerados em indústrias; e

- Infiltração: composta pela parcela de água que entra no sistema de coleta de esgotos, de forma indireta ou direta, através de infiltração em juntas das tubulações, órgãos acessórios, como poços de visitas, ligações clandestinas de águas pluviais, entre outros.

A norma da ABNT NBR 9648, expande essas parcelas em seis classes distintas, as quais são apresentadas na QUADRO 1.

As redes de coleta de esgotos devem ser dimensionadas para atender a uma população e, conseqüentemente transportar o volume de esgotos dessa população. Esse volume é traduzido na vazão de esgotos a ser transportada que depende da população atendida, do volume de contribuição per capita, do coeficiente de retorno e dos coeficientes de variação de vazão (ALÉM SOBRINHO; TSUTIYA, 1999).

QUADRO 1 – COMPOSIÇÃO DA VAZÃO DE ESGOTO SEGUNDO ABNT NBR 9648

Classe	Descrição
Esgoto Sanitário	Conjunto dos esgotos compostos pelos esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e água pluvial parasitária
Esgoto Doméstico	Efluente resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas do homem
Esgoto Industrial	Efluente proveniente de atividades industriais que, para ser lançado na rede coletora, deverá atender a padrões pré-estabelecidos
Infiltração	Considerando o sistema separador absoluto, toda a água subterrânea que infiltra nas tubulações e órgãos acessórios
Contribuição singular	Contribuição concentrada com vazão significativamente maior que o produto da taxa de contribuição adotada pelo parâmetro escolhido
Água pluvial parasitária	Água de chuva proveniente do escoamento superficial que adentra ao sistema de coleta de esgotos

FONTE: Adaptado de ABNT, 1986.

4.5.4.1.1 População

Um projeto de saneamento deverá atender a população início de plano e também a população de final de plano, considerando que a população início de plano é dependente dos períodos de projeto, construção da obra e início da operação, que podem levar um tempo significativo. Assim, é necessário realizar um estudo demográfico para estimar tanto as duas populações (ALÉM SOBRINHO; TSUTIYA, 1999).

A norma da ABNT NBR 9648, subdivide as populações de projeto em oito classes, as quais são apresentadas, com suas definições, no QUADRO 2.

QUADRO 2 – POPULAÇÕES SEGUNDO ABNT NBR 9648

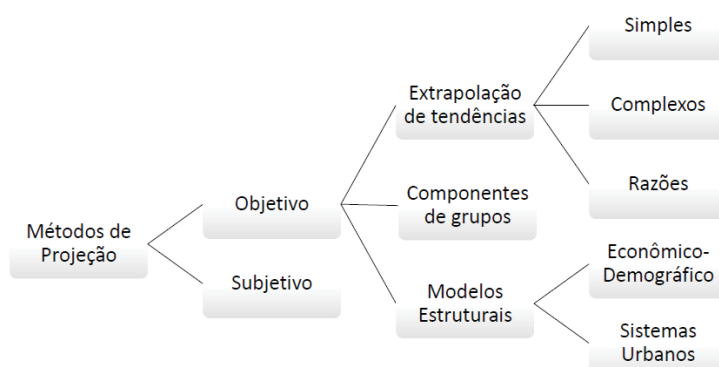
População	Descrição
Alcance de projeto	População prevista para final de plano
Atendida	População que contribui atualmente para o sistema de esgotamento existente
Atendível Inicial	População irá contribuir para o sistema de esgotamento planejado
	População atendível que irá contribuir para o sistema no início da operação do mesmo
Final	População atendível que irá contribuir para o sistema no final da capacidade projetada do sistema
Residente	População que mora nos domicílios
Flutuante	População temporária, proveniente de outras cidades ou comunidades, por um período curto, mas que a contribuição de esgotos ao sistema de esgotos, durante esse período, é semelhante à contribuição da população residente
Temporária	População temporária, proveniente de outras cidades ou comunidades, por um período curto, mas que a contribuição de esgotos ao sistema de esgotos, durante esse período, é inferior à contribuição da população residente

FONTE: Adaptado de ABNT, 1986.

Existem diversos métodos de projeção populacional, podendo-se adotar métodos objetivos ou subjetivos, simples ou complexos, métodos de extrapolação ou modelos estruturais. Métodos subjetivos, são considerados mais como métodos de suposição, sem base científica e que não podem ser replicados por outros analistas. Já os métodos objetivos possuem como base dados, premissas e relações matemáticas, bem definidas, em termos quantitativos, propiciando a outros analistas a repetição do uso da metodologia.

A FIGURA 10 apresenta, de forma geral, uma classificação das metodologias de projeção populacional.

FIGURA 10 – CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE ESTUDOS POPULACIONAIS



FONTE: Adaptado de SMITH; TAYMAN; SWANSON (2002).

Smith, Tayman e Swanson (2002) explicam que os métodos de extrapolação de tendência possuem seu foco em dados históricos, observando as tendências de crescimento de uma certa população. Esses métodos são geralmente aplicados para

a determinação de uma simples série de dados, como por exemplo a população total de uma cidade. Como exemplo, fazem parte destes os métodos matemáticos de extrapolação linear, geométrica e também métodos mais complexos, como os modelos ARIMA (*Autoregressive Integrate Moving Average*).

Os métodos de componentes de grupo analisam fatores como nascimento, morte e migração, para estimar o crescimento populacional. São os métodos mais utilizados de previsão populacional, pois podem dividir as populações em grupos, como idade, sexo e raça.

Os modelos estruturais procuram estabelecer relações entre componentes demográficos e não demográficos, diferindo dos métodos de extrapolação de tendências, pois, além de avaliar os dados históricos, procura estabelecer razões para as mudanças nesses dados, ao longo dos períodos analisados.

Além Sobrinho e Tsutiya (1999), além de Smith, Tayman e Swanson (2002), apresentam o método da Equação do Balanço Demográfico, da classe de métodos Componentes de grupo. Nesse método, para se estimar a população futura (P), utiliza-se a população inicial (P₀), no tempo inicial (t₀) e faz-se um balanço entre a estimativa de nascimentos (N) e mortes (M), entre os tempos inicial (t₀) e final (t) e, também o número de imigrantes (I) e emigrantes (E) no período, através da equação 1, enquanto as etapas do método são apresentadas na FIGURA 11.

$$P = P_0 + (N-M) + (I-E) \quad (\text{Eq. 1})$$

Com relação aos métodos de extrapolação de tendência, os autores citam o método linear, ou aritmético, e o método geométrico, onde a taxa de crescimento populacional anual é considerada a mesma para todo o período. As relações matemáticas, dos dois métodos, são apresentadas, respectivamente nas equações 2 e 3 a seguir.

$$P = P_0 + \left(\frac{P_0 - P_1}{t_0 - t_1} \right) \cdot (t - t_0) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$P = P_0 \cdot \left(1 + \left(\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\left(\frac{1}{t_0 - t_1} \right)} - 1 \right) \right)^{(t - t_0)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

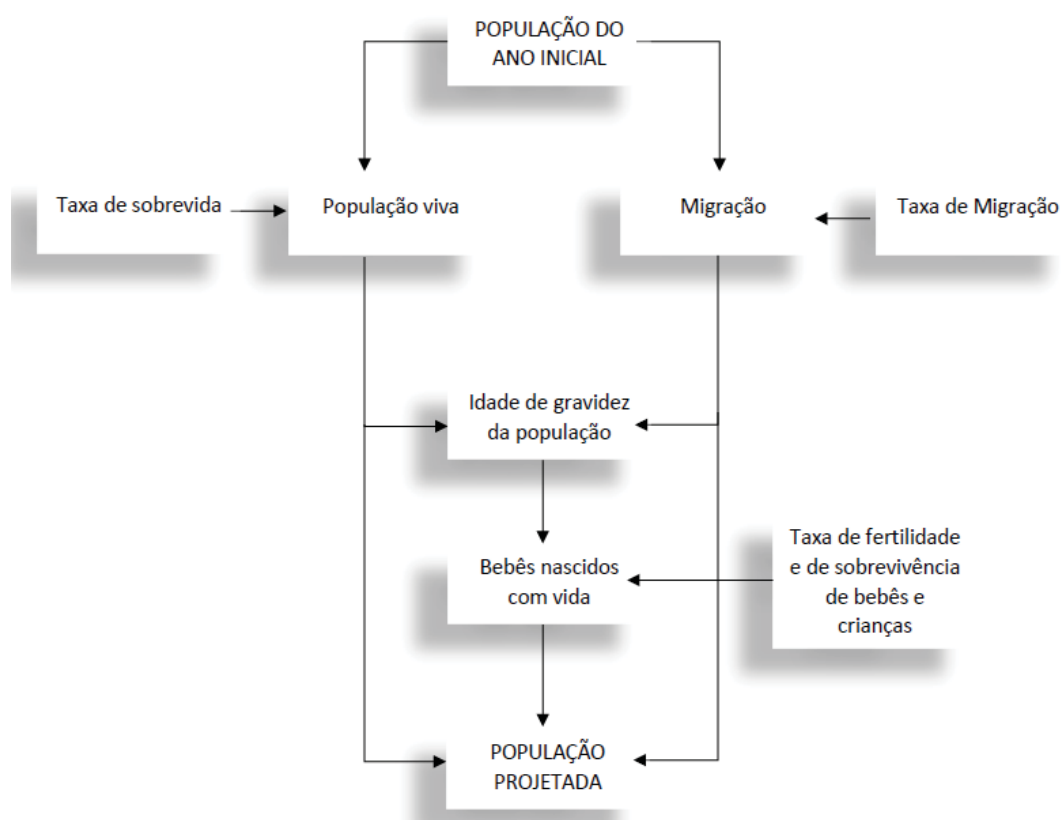
P – População no tempo t de final de plano

P_0 – População do tempo t_0 de início de plano

P_1 – População no tempo t_1 anterior ao tempo t_0 usada como base para o cálculo da taxa de crescimento

Outros métodos de extrapolação, citados pelos autores, são o da curva logística, extrapolação gráfica e curva polinomial (ALÉM SOBRINHO; TSUTIYA, 1999) (SMITH; TAYMAN; SWANSON, 2002).

FIGURA 11 – MÉTODO DO BALANÇO DEMOGRÁFICO



FONTE: SMITH; TAYMAN; SWANSON (2002).

Além dos métodos apresentados, Smith, Tayman e Swanson (2002) apresentam os métodos da Econômico-Demográfico e Sistemas Urbanos, da classe dos modelos estruturais.

4.5.4.1.2 Contribuição per capita de esgoto

A contribuição per capita de esgotos está diretamente relacionada à qualidade e quantidade de água fornecida para consumo e características da comunidade atendida, como a social e econômica (METCALF & EDDY, 2003).

Von Sperling (2007) cita que os valores per capita de consumo de água variam significativamente de localidade para localidade, devido a fatores como o clima, tamanho da comunidade, nível econômico, nível de industrialização, a existência ou não de medição de consumo de água, custo da água, pressão da água e perdas na rede de distribuição e disponibilidade do recurso. O autor, citando várias fontes, apresenta uma tabela de sugestão de valores de consumo per capita de acordo com o tamanho da comunidade, os quais são reproduzidos na TABELA 1. Cabe observar, segundo o autor, que esses valores podem ser bem menores em comunidades em que a escassez de água é acentuada.

TABELA 1 – FAIXAS DE VALORES TÍPICOS DE CONSUMO PER CAPITA

Tamanho da Comunidade	Faixa de população (habitantes)	Per capita de consumo de água (L/hab.dia)
Assentamento Rural	< 5000	90 - 140
Vilarejo	5000 - 10000	100 - 160
Cidades Pequenas	10000 - 50000	110 - 180
Cidades Médias	50000 - 250000	120 - 220
Cidades Grandes	> 250000	150 - 300

FONTE: Adaptado de Von Sperling (2007).

Em termos regionais, de maneira a exemplificar as variações de consumo per capita, destacam-se alguns valores na TABELA 2, retirados da base de dados AQUASTAT, do site da Organização da Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, em inglês).

Em nível de Brasil o Ministério do Desenvolvimento Regional, através da Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) disponibiliza séries históricas de informações sobre o Saneamento no portal Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). A partir desse banco de dados é apresentado, na TABELA 3 o per capita médio de consumo de água por regiões do Brasil e o per capita médio de consumo de água do Brasil, para o ano de 2017 (BRASIL, 2017b).

A contribuição per capita de esgotos, devido ao consumo de água é então calculada como uma parcela da água consumida através do chamado coeficiente de retorno (C). Esse coeficiente nada mais é do que a relação entre os esgotos gerados e o consumo efetivo de água. A faixa de variação do coeficiente C é entre 60% a 100%, sendo usual, quando não se possui dados para sua determinação, o valor de 80% (Von Sperling, 2007).

TABELA 2 – VALORES ESTIMADOS DE CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA POR PAÍSES

Países	Região	População ¹ ano 2012 (Hab.)	Consumo de água ² ano 2012 (m³/ano)	Per capita de consumo de água ³ (L/hab.dia)
Austrália	Oceania	22.822.000	3.744.000.000	449
China	Ásia	140.6131.000	72.900.000.000	142
Egito	África	87.813.000	9.600.000.000	300
França	Europa	63.640.000	5.380.000.000	232
Irlanda	Europa	4.678.000	628.000.000	368
Portugal	Europa	10.582.000	910.500.000	236
Arábia Saudita	Ásia	29.086.000	2.527.000.000	238
Espanha	Europa	46.857.000	5.308.000.000	310
Costa Rica	América do Norte	4.654.000	580.000.000	341
México	América do Norte	120.828.000	11.980.000.000	272
Brasil ⁴	América do Sul	200.561.000	17.210.000.000	235
Argentina ⁵	América do Sul	42.097.000	5.850.000.000	381
Chile ⁶	América do Sul	16.492.000	1.267.000.000	210

Nota: (1) - População Total considerada da Fonte de dados ("*Total Population*"); (2) - Consumo de água Municipal considerada da Fonte de dados ("*Municipal water withdrawal*"), aquela retirada consumo direto; (3) - Per capita calculado pelo autor através da divisão do consumo de água pela população. Considerado o ano de 365 dias; (4) - Considerada a população de 2012 e consumo estimado para o ano de 2010, por falta de dados, de maneira a se manter a mesma base de dados para comparação; (5) - Considerada a população de 2012 e consumo estimado para o ano de 2009, por falta de dados, de maneira a se manter a mesma base de dados para comparação; (6) - Considerada a população de 2007 e consumo estimado para o ano de 2006, por falta de dados, de maneira a se manter a base de dados para comparação

FONTE: FAO (2016).

TABELA 3 – VALORES MÉDIOS ESTIMADOS DE CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA POR REGIÃO DO BRASIL E PARA O BRASIL

Região	Municípios ¹	População (hab.)	Per capita médio ² (L/hab.dia)
Norte	346	8.335.146	134
Nordeste	1577	36.199.988	112
Centro-oeste	428	13.629.721	142
Sudeste	1587	77.097.589	180
Sul	1129	24.627.192	146
Brasil ³	5066	159.889.636	154

Nota: (1) - Somente considerados os municípios com valores diferente de zero para a população e per capita do banco de dados do SNIS para o ano de 2017; (2) - Média ponderada dos valores de per capita pela população dos municípios, dos valores informados na base de dados; (3) - Utilizados os valores encontrados para todos os municípios, com exceção daqueles da nota 1.

FONTE: BRASIL (2017b).

Também de forma a se exemplificar, Metcalf & Eddy (2003) apresentam as faixas de valores e valores típicos de per capita de esgoto nos Estados Unidos, aqui

reproduzidas na TABELA 4, classificadas por taxa de ocupação de residência, citando a AWWARF (1999)⁸.

TABELA 4 – FAIXAS DE VALORES TÍPICOS CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA DE ESGOTOS NOS ESTADOS UNIDOS

Número de habitantes por residência	Per capita de esgotos (L/hab.dia)	
	Faixa	Típico
1	285 - 490	365
2	225 - 385	288
3	194 - 335	250
4	155 - 268	200
5	150 - 260	193
6	147 - 253	189
7	140 - 244	182
8	135 - 233	174

FONTE: Adaptado de Metcalf & Eddy (2003).

Em termos normativos as Normas da ABNT NBR 7229, de projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e NBR 13969, de projetos, construção e operação de sistemas complementares aos tanques sépticos, apresentam sugestão de valores de per capita de esgotos, por tipo de ocupação, os quais são reproduzidos na TABELA 5 (ABNT, 1993 e ABNT, 1997).

TABELA 5 –CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA DE ESGOTOS NBR 7229 E NBR 13969

Prédio	Contribuição de esgotos	Unidade
1. Ocupantes permanentes		
- residência		
padrão alto	160	L/hab.dia
padrão médio	130	L/hab.dia
padrão baixo	100	L/hab.dia
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	100	L/hab.dia
- alojamento provisório	80	L/hab.dia
2. Ocupantes temporários		
- fábrica em geral	70	L/hab.dia
- escritório	50	L/hab.dia
- edifícios públicos ou comerciais	50	L/hab.dia
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	50	L/hab.dia
- bares	6	L/hab.dia
- restaurantes e similares	25	L/refeição.dia
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	2	L/lugar
- sanitários públicos ¹	480	L/bacia sanitária

Nota: (1) - Apenas acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

FONTE: ABNT (1993) e ABNT (1997).

⁸ AWWARF. **Residential End Use of Water**. American Water Works Association Research Foundation, Denver, CO, 1999.

4.5.4.1.3 Critérios e parâmetros de dimensionamento de redes coletoras de esgoto

No caso dos sistemas de coleta e transporte de esgotos, a ABNT publicou, para o dimensionamento das redes coletoras de esgoto, três normas técnicas para projetos, a saber:

- ABNT – NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário;
- ABNT – NBR 12207: Projeto de interceptores de esgoto sanitário; e
- ABNT – NBR 14486: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário – Projeto de redes coletoras com tubos de PVC.

A TABELA 6 apresenta, de forma resumida, os critérios de dimensionamento das tubulações de rede coletoras de esgotos, estabelecidos pelas normas supracitadas.

TABELA 6 – CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO

Critério	Vazão de referência	NBR 9649 (*)	NBR 12207 (**)	NBR 14486 (***)
Tensão Trativa média (Pa)	Inicial mínima	1,000	1,000	0,600
Tensão Trativa em tempo seco (Pa)	Inicial mínima	-	1,500	-
Lâmina Máxima/Diâmetro ($v_f \leq v_c$)	Final máxima	0,750	-	0,750
Lâmina Máxima/Diâmetro ($v_f > v_c$)	Final máxima	0,500	-	0,500
Velocidade máxima (m/s)	Final máxima	5,000	-	-
Vazão mínima (L/s)	Inicial mínima	1,500	-	1,500

FONTE: (*) ABNT (1986); (**) ABNT (1992); (***) ABNT (2000).

Adicionalmente às normas supracitadas, existe ainda a norma da ABNT NBR 12208, relacionada ao transporte de esgotos, que orienta os projetos de estações elevatórias de esgoto sanitário.

Segundo as normas para dimensionamento de redes coletoras no Brasil, NBR 9649 e NBR 14486, o dimensionamento deverá ser realizado para as vazões inicial e final de plano, segundo as equações apresentadas no QUADRO 3 (ABNT, 1986 e ABNT, 2000).

Para os coeficientes k_1 e k_2 , as referidas normas sugerem, quando não se tem valores locais, os valores de 1,2 e 1,5, respectivamente e para o coeficiente de retorno, também quando não se tem valores, 0,8. Para o coeficiente de rugosidade de Manning (n) assume-se o valor de 0,010 para tubulações em PVC e 0,013 para outros materiais.

QUADRO 3 – EQUAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO

Equação	Fórmula	Descrição
Eq. 4	$\bar{Q}_{i,f} = C \cdot \frac{q_{i,f} \cdot P_{i,f}}{86400}$	Vazão média de contribuição inicial e de final de plano
Eq. 5	$Q_i = (k_2 \cdot \bar{Q}_i) + I + \sum Q_{ci}$	Vazão de Início de plano
Eq. 6	$Q_f = (k_1 \cdot k_2 \cdot \bar{Q}_f) + I + \sum Q_{cf}$	Vazão de Final de plano
Eq. 7	$Q_{i,f} = \frac{1}{n} \cdot A_{mi,f} \cdot R_{hi,f}^{(2/3)} \cdot I^{(1/2)}$	Equação de Manning
Eq. 8	$\sigma_i = Y \cdot R_{hi} \cdot I$	Tensão Trativa inicial
Eq. 9	$v_{cf} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_{hf}}$	Velocidade crítica para final de plano

FONTE: ABNT (1986) e ABNT (2000).

Calculadas as vazões inicial e de final de plano totais divide-se essas pela extensão de rede e o dimensionamento, trecho a trecho, é executado através da multiplicação dessas vazões pela extensão do trecho a ser dimensionado, adicionadas as vazões de montante que adentram o trecho em questão.

Para cada trecho deverão ser verificados os critérios apresentados na TABELA 6, sendo as vazões de referência relacionadas aos critérios a serem verificados (ABNT, 1986 e ABNT, 2000)

4.5.4.2 Tratamento de esgoto sanitário

Os esgotos sanitários coletados de comunidades podem ter, basicamente, três destinos finais: retornar aos corpos hídricos, infiltrados no solo ou utilizados. Independentemente do destino final, os mesmos devem possuir a qualidade que atenda a esse destino. Essa qualidade é que definirá a eficiência necessária do tratamento (METCALF & EDDY, 2003).

4.5.4.2.1 Características dos esgotos

Os esgotos podem ser considerados como a água poluída, cuja as características naturais foram alteradas, de maneira indireta ou direta, pelo despejo de substâncias, impedindo os usos a que se pretende. (VON SPERLING, 2007)

AISSE (2000) e Von Sperling (2007), citam que os efluentes oriundos de uma comunidade têm origem em de três fontes:

- residenciais, comerciais e instituições, denominados esgotos domésticos;

- águas provenientes do solo, as chamadas águas de infiltração; e
- efluentes originados de atividades industriais, esgotos industriais.

Aisse (2000) cita que a composição dos esgotos sanitários, em geral é de 99,9% água e 0,1% de impurezas. Assim, os parâmetros de avaliação de qualidade da água e dos esgotos se confundem, podendo, então, serem apresentados de maneira contígua.

Os principais parâmetros físicos de caracterização dos esgotos são os sólidos totais, que podem ser divididos em suspensos, dissolvidos, fixos e voláteis, a turbidez, cor, absorção ou transmitância, temperatura, condutividade, densidade e peso específico. As definições e unidades utilizadas para cada um deles são apresentados no QUADRO 4.

QUADRO 4 – PARÂMETROS FÍSICOS DOS ESGOTOS

Parâmetro	Unidade	Definições
Sólidos Totais	mg/L	Sólidos presentes nos esgotos ou água
Turbidez	UNT	Propriedade física do líquido que mede a quantidade de luz dispersa em um líquido
Cor	-	A cor é o parâmetro físico que, nos esgotos, pode caracterizar o grau de septicidade do mesmo. Por exemplo, o líquido preto indica um esgoto séptico.
Absorção	ua/cm	Quantidade de luz, em um comprimento de onda específico, que é absorvida pelo líquido. A transmitância é o inverso da absorbância na escala logarítmica de base decimal.
Transmitância	%	
Temperatura	°C	Importante parâmetro utilizado para medição do esgoto “in natura”, controle de processo de tratamento e efluente tratado e seus efeitos no meio ambiente.
Condutividade	mS/m	Mede a habilidade de um líquido em conduzir uma corrente elétrica.
Densidade	kg/m ³ ou g/L	Relação entre a massa e o volume do líquido.
Peso Específico	kN/m ³	Relação entre o peso do líquido e seu volume.

FONTE: Adaptado de METCALF & EDDY (2003).

As características químicas dos esgotos podem ser divididas, segundo Metcalf & Eddy (2003), em inorgânicos e orgânicos, sendo que os últimos são classificados em individualmente e agregados. Já os inorgânicos incluem os nutrientes, compostos não metálicos, metais e os gases. A QUADRO 5 apresenta os constituintes inorgânicos de interesse dos esgotos, enquanto o QUADRO 6 apresenta os orgânicos.

QUADRO 5 – PARÂMETROS QUÍMICOS DOS ESGOTOS – INORGÂNICOS

Parâmetro	Unidade	Definições
pH	-	Indica a concentração de íons de hidrogênio presente (ácido, neutro ou básico). Importante parâmetro de qualidade da água “in natura” e dos esgotos.
Cloretos	mg/L	Quantidade de cloretos existente na água. Importante parâmetro de qualidade da água “in natura” e dos esgotos, podendo funcionar como indicador de contaminação da água.
Alcalinidade	mg/L	Resultado da presença de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, de elementos como cálcio, magnésio, sódio, potássio e amônia. Característica que auxilia na resistência mudança do pH do meio (efeito tampão).
Nitrogênio	mg/L	Macronutriente essencial para o crescimento dos microorganismos. Importante parâmetro de qualidade da água “in natura” e dos esgotos.
Fósforo	mg/L	Macronutriente essencial para o crescimento dos microorganismos. Importante parâmetro de qualidade da água “in natura” e dos esgotos.
Enxofre	mg/L	Necessário para a síntese de proteínas e é liberado na degradação das mesmas. Em condições anaeróbias é reduzido a sulfureto, combinando com o hidrogênio forma gás ácido sulfídrico, que liberado pode combinar com o oxigênio formando o ácido sulfúrico, corrosivo ao concreto.
Gases – N ₂ , O ₂ , CO ₂ , H ₂ S, NH ₃ e CH ₄	mg/L	Nitrogênio, oxigênio e dióxido de carbono, são encontrados na atmosfera e, por consequência, nas águas em contato com a mesma. Gás sulfídrico, amônia e metano, são resultados da decomposição da matéria orgânica nos esgotos.
Metais – Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Ni e Zn	mg/L	Metais são importantes parâmetros para o tratamento, reuso e disposição dos efluentes tratados. Em grande quantidade podem ser tóxicos ao meio ambiente.

FONTE: Adaptado de METCALF & EDDY (2003).

Além dos parâmetros químicos orgânicos apresentado no QUADRO 6, citam-se também os pesticidas e herbicidas, com alto potencial tóxico ao meio ambiente, e os compostos orgânicos emergentes, derivados dos antibióticos humanos e animais, das drogas lícitas e ilícitas, das atividades industriais e hormônios, como cafeína, fluoxetina, codeína e estriol, entre outros (METCALF & EDDY, 2003).

Biologicamente os organismos encontrados nas águas de superfície e nos esgotos são as bactérias, arqueas, fungos, protozoários, rotíferos, algas, plantas e animais. No tratamento de efluentes as bactérias, arqueas, protozoários e rotíferos tem fundamental importância no tratamento biológico aeróbio e anaeróbio, sendo que os protozoários são mais efetivos no polimento de efluentes tratados biologicamente, enquanto as arqueas são mais presentes no tratamento anaeróbio (METCALF & EDDY, 2003).

Em termos de saúde destacam-se os organismos patogênicos, os quais podem ser bactérias, protozoários, helmintos e vírus. O QUADRO 7 apresenta alguns exemplos de agentes infecciosos de cada classe e doença relacionada.

QUADRO 6 – PARÂMETROS QUÍMICOS DOS ESGOTOS – ORGÂNICOS

Parâmetro	Unidade	Definições
DBO	mg/L	A Demanda Bioquímica de Oxigênio mede a quantidade de oxigênio dissolvido utilizado pelos microorganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. Utilizado para controle da poluição hídrica e dos processos de tratamento de efluentes.
DQO	mg/L	A Demanda Química de Oxigênio mede a quantidade de oxigênio equivalente da matéria orgânica, quimicamente oxidado utilizando o dicromato em meio ácido. Utilizado para controle da poluição hídrica e dos processos de tratamento de efluentes.
COT	mg/L	Carbono Orgânico Total mede a quantidade de carbono total existente na água e esgoto.
Surfactantes	mg/L	São grandes moléculas orgânicas, pouco solúveis em água e responsáveis pela formação de espuma em estações de tratamento e nas águas superficiais.
Óleos e graxas	mg/L	Incluem as gorduras, os óleos e as graxas orgânicas e inorgânicas.
COV	mg/L	Compostos Orgânicos Voláteis são de grande preocupação à saúde humana e meio ambiente. São os compostos em que a temperatura de ebulição é menor ou igual a 100 °C, nas condições normais de temperatura e pressão.
THM	µg/L	Trihalometanos são compostos formados a partir dos ácido fúlvicos e húmicos, potencialmente carcinogênicos.

FONTE: Adaptado de METCALF & EDDY (2003).

QUADRO 7 – ORGANISMOS PATOGÊNICOS

Classe	Organismo	Doença
Bactérias	<i>Escherichia coli</i> <i>Leptospira</i> <i>Salmonela</i> <i>Vibrio cholerae</i>	Gastroenterite Leptospirose Salmonelose Cólera
Protozoário	<i>Cryptosporidium parvum</i> <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i>	Criptosporidíase Amebíase Giardíase
Helmintos	<i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Taenia saginata</i> <i>Taenia solium</i>	Ascariíase Teníase Teníase
Vírus	Adenovírus (31 tipos) Enterovírus (mais de 100 tipos) Vírus da Hepatite A Rotavírus	Doenças respiratórias Meningite, gastroenterite, anomalias no coração Hepatite infecciosa Gastroenterite

FONTE: Adaptado de METCALF & EDDY (2003).

Em vista da grande quantidade de microrganismos patogênicos, não seria prático realizar análises para todos eles. Assim, faz-se uso de organismos indicadores para determinar a potencial presença de organismos patógenos em águas e esgotos. O QUADRO 8 apresenta os principais organismos indicadores utilizados nas análises de água e esgotos.

QUADRO 8 – ORGANISMOS INDICADORES DE AGENTES PATOGENICOS

Organismo	Unidade
Coliforme total	NMP/100 mL
Coliforme termotolerantes	NMP/100 mL
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100 mL
<i>Enterococcus faecalis</i>	NMP/100 mL
Ovos de Helminthos	Ovos/L

FONTE: Adaptado de METCALF & EDDY (2003).

Os ensaios de toxicidade compreendem um conjunto de parâmetros que estimar os efeitos tóxicos dos poluentes presentes na água sobre a vida aquática. Os ensaios realizados são classificados, segundo a duração, como curtos, intermediários e longos. Pela forma de adição dos esgotos ao meio testado, podem ser estáticos, com recirculação, renovação ou escoamento passando pelo meio. Se realizados em tubos ou recipientes, com partes do organismo testado, são chamados testes “in vitro”, enquanto na utilização de uma espécie viva, como peixes, são denominados “in vivo”. Finalmente, com relação a seus objetivos, podem ser para a verificação de máximas doses para atender a um padrão legal, utilizado na avaliação de zonas de mistura, entre outros (METCALF & EDDY, 2003).

Com relação aos poluentes, Von Sperling (2007) apresenta relações entre os poluentes trazidos pelo esgoto e seus possíveis efeitos no meio ambiente, as quais são reproduzidas no QUADRO 9.

4.5.4.2.2 Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários

O tratamento de esgotos é realizado em fases, onde cada fase é responsável pela retirada de determinados poluentes da água. A primeira fase é o tratamento preliminar, onde são utilizados equipamentos como grades e desarenadores, denominados em geral de operações unitárias, para a remoção de os sólidos grosseiros, como galhos, plásticos e areia. Na segunda fase, tratamento primário, o qual pode ou não existir dependendo do fluxograma de tratamento sendo utilizado, removerá o material flotante e sedimentável. Uma variante do tratamento primário é quando se utiliza produtos químicos para melhorar o desempenho dessa fase do tratamento, sendo então chamado de tratamento primário avançado. A fase seguinte de tratamento é chamada de tratamento secundário, onde processos biológicos e/ou químicos são aplicados na remoção da matéria orgânica, podendo ser projetados

para também removerem nutrientes, fósforo e nitrogênio. Finalmente, uma terceira fase (tratamento terciário) pode ser aplicada ao processo de tratamento, onde o residual, que passou pelo tratamento secundário, de sólidos suspensos e os agentes patogênicos são removidos, normalmente, por filtração em meio granular e desinfecção (METCALF & EDDY, 2003) (VON SPERLING, 2007).

QUADRO 9 – PRINCIPAIS POLUENTES NOS ESGOTOS E SEUS EFEITOS

Poluente	Parâmetro representativo	Esgoto Sanitário	Esgoto Industrial	Efeitos possíveis
Sólidos Suspensos	Sólidos Suspensos Totais	XXX	↔	Problema estético Depósitos de Lodo Adsorção de poluentes Proteção de Patógenos
Matéria Orgânica Biodegradável	Demanda Bioquímica de Oxigênio	XXX	↔	Consumo de Oxigênio Morte de peixes Condições sépticas
Nutrientes	Nitrogênio e Fósforo	XXX	↔	Crescimento excessivo de algas (eutrofização) Toxicidade para os peixes (Amônia) Doenças em recém-nascidos (Nitrato) Poluição da água subterrânea
Patógenos	Coliformes	XXX	↔	Doenças de veiculação hídrica
Matéria Orgânica não biodegradável	Pesticidas Alguns detergentes Outros	X	↔	Toxicidade (vários) Espuma (detergentes) Redução de transferência de oxigênio (detergentes) Não biodegradabilidade Maus odores (ex: fenóis)
Metais	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, etc.)	X	↔	Toxicidade Inibição do tratamento biológico dos esgotos Problemas no uso do lodo na agricultura Contaminação da água subterrânea
Sólidos Dissolvidos Inorgânicos	Sólidos Totais Dissolvidos Condutividade	XX	↔	Salinidade excessiva – prejudicial às plantações (irrigação) Toxicidade para as plantas (alguns ions) Problemas com a permeabilidade dos solos (Sódio)

Nota: X: pequeno XX: médio XXX: alto ↔: variável

FONTE: Adaptado de VON SPERLING (2007).

Ainda, com relação às fases do tratamento de esgotos sanitários, se o mesmo for utilizado, deverá ter um polimento para remoção dos sólidos dissolvidos e

suspensos que passaram pelas outras fases, fase denominada de tratamento avançado dos esgotos (METCALF & EDDY, 2003).

Von Sperling (2007) apresenta, de forma simplificada, as características dos principais níveis de tratamento, reproduzidas no QUADRO 10, em cuja eficiência remoção de qualquer poluente pode ser calculada pela Equação 10.

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde:

E – Eficiência de remoção (%)

C₀ – Concentração do poluente no esgoto afluente à estação (mg/L)

C_e – Concentração do poluente no esgoto efluente à estação (mg/L)

QUADRO 10 – CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Item	Preliminar	Primário ⁽¹⁾	Secundário
Remoção de Poluentes	Sólidos grosseiros	Sólidos Sedimentáveis DBO particulada	Sólidos não sedimentáveis DBO particulado fino DBO solúvel Nutrientes ⁽⁴⁾ Patógenos ⁽⁴⁾
Eficiência de remoção	-	Sólidos Suspensos: 60 – 70% DBO: 25 – 40% Coliformes: 30 – 40%	Sólidos Suspensos: 65 – 95% DBO: 60 – 99% Coliformes: 60 – 99% ⁽³⁾
Mecanismo do tratamento predominante	Físico	Físico	Biológico
Atende os padrões de lançamento usuais? ⁽²⁾	Não	Não	Normalmente sim
Aplicações	A montante de estações elevatórias de esgotos Estágio inicial do tratamento	Tratamento parcial Estágio intermediário de um tratamento mais completo	Tratamento mais completo para remoção de matéria orgânica

Nota: (1) – O tratamento secundário de uma estação de tratamento de efluentes possui o tratamento preliminar a montante, mas pode ou não possuir tratamento primário a montante;

(2) – Padrões de lançamento como apresentados pela legislação. O órgão ambiental pode autorizar outros valores, se estudos ambientais demonstrarem que o corpo receptor pode assimilar uma carga maior;

(3) – A eficiência de remoção de coliformes pode ser maior se um estágio específico de remoção (tratamento terciário e/ou desinfecção) for adicionada;

(4) – Nutrientes e patógenos podem ser removidos na fase secundária, dependendo do processo de tratamento.

FONTE: VON SPERLING (2007).

São várias as tecnologias de tratamento de efluentes, com graus de eficiências diversos. Von Sperling (2007) apresenta um conjunto dos principais tratamento de efluentes utilizados, com suas respectivas eficiências de remoção, mínimas e máximas, para os parâmetros de DBO₅, DQO, SST, Amônia, Nitrogênio Total, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes, as quais são reproduzidas na FIGURA 12.

Para os mesmos sistemas o autor apresenta uma sugestão de valores paramétricos, de área requerida, potência demandada e consumida, lodo a ser tratado e disposto e custos específicos de instalação, operação e manutenção, os quais são reproduzidos na FIGURA 13. Os custos apresentados são em dólar americano, para o ano de 2002, com a cotação de um dólar equivalente a dois reais e cinquenta centavos. Ressalta-se que, o uso desses dados deve ser realizado com parcimônia, em função da variação dos diversos fatores, como custo local de terreno, materiais de construção, entre outros.

FIGURA 12 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE POLUENTES DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

SISTEMA	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO DO TRATAMENTO												COLIFORMES FECAIS (unidades Log)	
	DBO ₅ (%)		DQO (%)		SST (%)		AMÔNIA (%)		N TOTAL (%)		P TOTAL (%)			
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
TANQUE SÉPTICO DECANTADOR PRIMÁRIO DECANTADOR PRIMÁRIO QUIMICAMENTE ASSISTIDO LAGOA FACULTATIVA LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA LAGOA AERADA FACULTATIVA LAGOA AERADA + LAGOA DE SEDIMENTAÇÃO LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE MATURAÇÃO LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE ALTA TAXA LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + REMOÇÃO DE ALGA TRATAMENTO A BAIXA TAXA INFILTRAÇÃO RÁPIDA ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO WETLANDS CONSTRUIDAS TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBIO TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO REATOR UASB	30%	35%	25%	35%	55%	65%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	0	1
	30%	35%	25%	35%	55%	65%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	0	1
	45%	80%	55%	75%	60%	90%	0%	30%	0%	30%	75%	90%	1	1
	75%	85%	65%	80%	70%	80%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
	75%	85%	65%	80%	70%	80%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
	75%	85%	65%	80%	70%	80%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	1	2
	75%	85%	65%	80%	80%	87%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	1	2
	80%	85%	70%	83%	73%	83%	50%	65%	50%	65%	0%	50%	3	5
	80%	85%	70%	83%	73%	83%	65%	85%	75%	90%	50%	60%	3	4
	85%	90%	75%	83%	90%	98%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	3	4
	90%	99%	85%	95%	93%	98%	80%	90%	75%	90%	85%	90%	3	5
	85%	98%	80%	93%	93%	98%	65%	90%	65%	90%	50%	90%	4	5
	80%	90%	75%	85%	80%	93%	35%	65%	0%	35%	2	3		
	80%	85%	70%	80%	80%	90%	0%	45%	0%	60%	0%	35%	1	2
	90%	98%	85%	95%	93%	98%	65%	90%	65%	90%	50%	90%	4	5
	LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE MATURAÇÃO LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE ALTA TAXA LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + REMOÇÃO DE ALGA TRATAMENTO A BAIXA TAXA INFILTRAÇÃO RÁPIDA ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO WETLANDS CONSTRUIDAS TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBIO TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO REATOR UASB	83%	93%	75%	88%	87%	93%	50%	85%	0%	60%	0%	35%	1
83%		93%	75%	88%	87%	93%	50%	85%	0%	60%	0%	35%	1	2
75%		87%	70%	80%	80%	90%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
80%		93%	73%	88%	87%	93%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
83%		93%	83%	90%	90%	97%	0%	30%	0%	30%	75%	88%	1	2
77%		87%	70%	83%	73%	83%	50%	65%	50%	65%	50%	90%	3	5
75%		85%	65%	80%	70%	80%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	1	2
75%		85%	65%	80%	80%	87%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	1	2
85%		93%	80%	90%	87%	93%	35%	65%	0%	65%	0%	35%	2	3
90%		97%	83%	93%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	1	2
90%		97%	83%	93%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	1	2
85%		93%	80%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	0%	35%	1	2
85%		93%	80%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	75%	88%	1	2
93%		98%	90%	95%	93%	97%	80%	98%	0%	60%	50%	60%	3	5
85%		93%	80%	90%	87%	93%	65%	85%	0%	60%	0%	35%	1	2
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO		80%	90%	70%	87%	87%	93%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1
	88%	95%	83%	90%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	1	2
	88%	95%	83%	90%	87%	93%	65%	85%	0%	60%	0%	35%	1	2
	88%	95%	83%	90%	87%	93%	65%	85%	0%	60%	0%	35%	1	2

FONTE: Adaptado de VON SPERLING (2007).

FIGURA 13 – VALORES ESPECÍFICOS SUGERIDOS DE ÁREA, POTÊNCIA, LODO E CUSTOS PARA SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

SISTEMA	Área requerida (m²/hab.)		Potência Instalada (W/hab.)		Potência consumida (kWh/hab.)		Lodo Líquido a ser tratado (L/hab.ano)		Lodo Seco a ser disposto (L/hab.ano)		Custos de Implantação (US\$/hab.)		Custos de Operação e Manutenção (US\$/hab.ano)	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
TANQUE SÉPTICO	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	110	360	15	35	12,00	20,00	0,50	1,00
DECANTADOR PRIMÁRIO	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	330	730	15	40	12,00	20,00	0,50	1,00
DECANTADOR PRIMÁRIO QUIMICAMENTE ASSISTIDO	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	730	2500	40	110	15,00	25,00	3,00	6,00
LAGOA FACULTATIVA	2,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35	90	15	30	15,00	30,00	0,80	1,50
LAGOA ANAEROBIA + LAGOA FACULTATIVA	1,20	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55	160	20	60	12,00	30,00	0,80	1,50
LAGOA AERADA FACULTATIVA	0,25	0,50	1,20	2,00	11,00	18,00	30	220	7	30	20,00	35,00	2,00	3,50
LAGOA AERADA + LAGOA DE SEDIMENTAÇÃO	0,20	0,40	1,80	2,50	16,00	22,00	55	360	10	35	20,00	35,00	2,00	3,50
LAGOA ANAEROBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE MATURAÇÃO	3,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55	160	20	60	20,00	40,00	1,00	2,00
LAGOA ANAEROBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE ALTA TAXA	2,00	3,50	0,10	0,30	1,00	2,00	55	160	20	60	20,00	35,00	1,50	2,50
LAGOA ANAEROBIA + LAGOA FACULTATIVA + REMOÇÃO DE ALGA	1,70	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	60	190	25	70	20,00	35,00	1,50	2,50
TRATAMENTO A BAIXA TAXA	10,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	8,00	25,00	0,40	1,20
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	1,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	12,00	30,00	0,50	1,50
ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	2,00	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	15,00	30,00	0,80	1,50
WETLANDS CONSTRUIDAS	3,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	20,00	30,00	1,00	1,50
TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAEROBIO	0,20	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	180	1000	25	50	30,00	50,00	2,50	4,00
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	1,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	110	360	15	35	25,00	40,00	1,20	2,00
REATOR UASB	0,03	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	70	220	10	35	12,00	20,00	1,00	1,50
UASB + LODOS ATIVADOS	0,08	0,20	1,80	3,50	14,00	20,00	180	400	15	60	30,00	45,00	2,50	5,00
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	0,05	0,15	1,80	3,50	14,00	20,00	180	400	15	55	25,00	40,00	2,50	5,00
UASB + FILTRO ANAEROBIO	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	150	300	10	50	20,00	30,00	1,50	2,20
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	0,10	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	180	400	15	55	25,00	35,00	2,00	3,00
UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	0,05	0,15	1,00	1,50	8,00	12,00	300	470	25	75	25,00	35,00	2,50	3,50
UASB + LAGOAS DE MATURAÇÃO	1,50	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	150	250	10	35	15,00	30,00	1,80	3,00
UASB + LAGOAS FACULTATIVAS AERADAS	0,15	0,30	0,30	0,60	2,00	5,00	150	300	15	50	15,00	35,00	2,00	3,50
UASB + LAGOAS AERADAS + LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO	0,10	0,30	0,50	0,90	4,00	8,00	150	300	15	50	15,00	35,00	2,00	3,50
UASB + ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	1,50	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70	220	10	35	20,00	35,00	2,00	3,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	0,12	0,25	2,50	4,50	18,00	26,00	1100	3000	35	90	40,00	65,00	4,00	8,00
LODOS ATIVADOS AERADO EXTENDIDA	0,12	0,25	3,50	5,50	20,00	35,00	1200	2000	40	105	35,00	50,00	4,00	8,00
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERADO EXTENDIDA	0,12	0,25	4,50	6,00	20,00	35,00	1200	2000	40	105	35,00	50,00	4,00	8,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	0,12	0,25	2,20	4,20	15,00	22,00	1100	3000	35	90	45,00	70,00	4,00	9,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P	0,12	0,25	2,20	4,20	15,00	22,00	1100	3000	35	90	50,00	75,00	6,00	10,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCIÁRIA	0,15	0,30	2,50	4,50	18,00	26,00	1200	3100	40	100	50,00	75,00	6,00	10,00
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	0,15	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	360	1100	35	80	50,00	60,00	4,00	6,00
FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	0,12	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	500	1900	35	80	50,00	60,00	4,00	6,00
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	0,10	0,15	2,50	4,50	18,00	26,00	1100	3000	35	90	30,00	50,00	3,00	6,00
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	0,10	0,15	2,20	4,20	15,00	22,00	1100	3000	35	90	30,00	50,00	3,00	6,00
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	0,10	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	330	1500	20	75	50,00	60,00	4,00	6,00

FONTE: Adaptado de VON SPERLING (2007).

Nota: Custos referente ao ano de 2002, em U\$ e cotação de U\$ 1,00=R\$2,50

4.5.5 Sistemas de drenagem de águas pluviais

Os sistemas de drenagem, responsáveis pelo afastamento das águas pluviais em excesso, segundo Linsley e Franzini (1978), são divididos em dois sistemas. O sistema de macrodrenagem, composto por rios, córregos, canais, naturais ou artificiais, além de outros dispositivos destinados ao transporte e armazenamento de grandes volumes de água. Já o segundo sistema, conhecido como microdrenagem, é constituído, em um sistema convencional, pelos pavimentos, sarjetas, bocas de lobo, rede de tubulações de drenagem e canais urbanos ou rurais de pequena dimensão (SMDU, 2012).

O presente trabalho concentra-se nas soluções de drenagem para o segundo tipo, a microdrenagem para pequenos municípios.

4.5.5.1 Sistema convencional de coleta e transporte de águas pluviais

O sistema convencional, como citado anteriormente, é constituído dos pavimentos para a coleta do escoamento superficial, sarjetas e bocas de lobo, para o transporte das águas até as redes ou canais de drenagem e destes a água é transportada para o sistema de macrodrenagem, rios, córregos, entre outros. Segundo Charlesworth (2016), citando Kirby (2005)⁹, os sistemas convencionais, baseados em redes de tubulações e canais, são projetados para afastar de maneira rápida, as águas do escoamento superficial em direção aos corpos hídricos receptores.

Internacionalmente as Normas se baseiam na velocidade mínima como critério de dimensionamento de redes de drenagem, para promover o arraste dos sólidos, como é apresentado na TABELA 7. Em alguns casos, como as normas europeias BS EN 752 e BR EM 16933-2, é utilizada a teoria do transporte de sedimentos.

No Brasil, para os sistemas de drenagem urbana, não existe Normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A Lei Federal nº11.445 de Janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e no sobre a drenagem urbana, em seu Artigo 2º, estabelece como princípio fundamental, a necessidade de disponibilizar serviços de drenagem e manejo das

⁹ Kirby, A. **SuDS – innovation or a tried and tested practice?** Municipal Engineer, 158 115–122. 2005.

águas pluviais, para garantir a saúde pública, segurança à vida e aos patrimônios público e privado (BRASIL, 2007).

TABELA 7 – VELOCIDADES MÍNIMAS EM REDES DE DRENAGEM EM LOCALIDADES MUNDIAIS

Documento	Localidade	Vel. Min	Comentários
BS 752 ⁽¹⁾	Inglaterra	0,70 m/s - 1,00 m/s	0,70 m/s para diâmetros até 300 mm, 1,0 m/s para diâmetros de 150 a 900, sendo necessário estudo de transporte de sedimentos para diâmetros superiores, cuja referência o relatório CIRIA 141
BS 8005-1 ⁽²⁾	Inglaterra	0,75 m/s - 1,00 m/s	0,75 m/s para sistemas de drenagem e 1,00 m/s para sistemas combinados.
BS EN 16933-2 ⁽³⁾	Europa	0,70 m/s - 1,00 m/s	Para pequenas áreas. Para áreas maiores utilizar a teoria do transporte de sedimentos
Bureau of Engineering - Manual - Part G - Storm Drain Design ⁽⁴⁾	Los Angeles/USA	5 ft/s	
Design and construction of urban stormwater management systems - WEF Manual of Practice FD-20 ⁽⁵⁾	USA	2 ft/s - 3 ft/s	
DIVISION E - Stormwater management engineering Standard ⁽⁶⁾	Albany/USA	3 ft/s	
Sewerage Manual ⁽⁷⁾	Hong Kong	0,70 m/s - 1,00 m/s	0,70 m/s para diâmetros até 300 mm, 1,0 para diâmetros até 900 mm. Estudo de transporte de sedimentos para diâmetros superiores.

FONTE: (1) BS, 1998; (2) BS, 1987; (3) BS, 2017; (4) LOS ANGELES, 1986; (5) ASCE, 1992; (6) ALBANY, 2015; (7) HONG KONG, 2013.

Normalmente os critérios e parâmetros de projetos são estabelecidos por normativas estaduais e municipais, sendo o principal critério de dimensionamento a garantia de uma velocidade mínima. Em pesquisa realizada para as 26 capitais e o Distrito Federal, foram encontradas especificação de critérios de dimensionamento para drenagem apenas em 9 capitais e no Distrito Federal. A TABELA 8 apresenta os limites mínimos e máximos de velocidade para as localidades encontradas.

Garcias (1997) apresenta, como parâmetros de projeto para redes coletoras de águas pluviais, a velocidade máxima de 5,0 m/s, sendo o fator limitante a possibilidade de erosão das tubulações, geralmente em concreto. Já para a

velocidade mínima, o autor, citando STEEL (1968)¹⁰, sugere 0,75 m/s sendo 0,90 m/s o valor adequado.

TABELA 8 – VELOCIDADES MÁXIMAS E MÍNIMAS EM REDES DE DRENAGEM NAS CAPITAIS DO BRASIL

Cidade	Estado	Documento	Velocidade mínima (m/s)	Velocidade máxima (m/s)
Belo Horizonte ⁽¹⁾	Minas Gerais	Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem urbana do município de Belo Horizonte	0,75	8,00
Brasília ⁽²⁾	Distrito Federal	Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal	1,00	6,00
Campo Grande ⁽³⁾	Mato Grosso do Sul	Plano Diretor de Drenagem Urbana	0,80	4,00
Curitiba ⁽⁴⁾	Paraná	Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba - Volume IV	0,80	5,00
Goiânia ⁽⁵⁾	Goiás	Diretrizes Básicas de elaboração de projetos de microdrenagem superficial urbana	0,75	5,00
Natal ⁽⁶⁾	Rio Grande do Norte	Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da cidade de Natal - Manual de Drenagem (2009)	0,75	5,00
Porto Alegre ⁽⁷⁾	Rio Grande do Sul	Plano Diretor de Drenagem Urbana - Manual de Drenagem Urbana	0,80	4,00
Rio de Janeiro ⁽⁸⁾	Rio de Janeiro	Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana	0,80	5,00
São Paulo ⁽⁹⁾ (*)	São Paulo	Manual de Drenagem e Manejo de águas pluviais - Aspectos tecnológicos: diretrizes para projeto	0,60	5,00
Teresina ⁽¹⁰⁾	Piauí	Plano diretor de drenagem urbana de Teresina - Manual de Drenagem	0,80	4,00

Nota: (*) – São Paulo apresenta uma metodologia, baseada no transporte de sedimentos, mas para a macrodrenagem. Para a microdrenagem permanece o critério da velocidade mínima.

FONTE: (1) BELO HORIZONTE (2004); (2) YAZAKI, MONTENEGRO, COSTA (2018); (3) CAMPO GRANDE (2008); (4) CURITIBA (2017); (5) GOIÂNIA (2018); (6) NATAL (2009); (7) PORTO ALEGRE (2005); (8) RIO DE JANEIRO (2010); (9) SÃO PAULO (2012); (10) TERESINA (2011).

O manual de drenagem de rodovias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), apresenta valor de 1,0 m/s para velocidade

¹⁰ STEEL. E. W. **Abastecimento de água e sistema de esgotos (Water supply and sewerage)**. Tradução José Santa Ritta, Engenheiro da SURSAN. Rio de Janeiro, USAID. 1968.

mínima, de maneira a garantir a autolimpeza, e velocidade máxima de 4,5 m/s, considerando tubulações em concreto e assim limitando a erosão das mesmas. Assim, o objetivo no dimensionamento é encontrar a melhor solução que resulte no menor diâmetro possível, com a menor declividade possível, que garanta a velocidade do escoamento entre os limites especificados (BRASIL, 2006).

Cabe observar que o dimensionamento em uma única velocidade mínima pode ocasionar um subdimensionamento das redes de drenagem, em função da superestimar a capacidade do fluxo, nessa velocidade, em transportar os sedimentos. Isso devido a desconsideração da concentração e tamanho das partículas a serem transportadas junto com a água (BUTLER et al., 2003 e EBTEHAJ et al., 2014).

Segundo Ackers, Butler e May (1996) os projetos de redes de drenagem e esgotos necessitam atender ao critério de autolimpeza, de maneira a realizar o transporte dos sedimentos carregados com as águas pluviais ou efluentes, garantindo-se uma velocidade mínima de acordo com a concentração e as características físicas do sedimento. Assim os escoamentos devem ter a capacidade transportar em suspensão os sólidos com baixa densidade e de tamanho pequeno, partículas maiores como arraste de fundo (*bedload*) e limitar a deposição de partículas a uma taxa específica com relação ao diâmetro da tubulação. Além disso, o escoamento deve ter a capacidade de erodir uma possível camada de sólidos coesivos depositados na tubulação.

Os autores propõem, basicamente, duas abordagens para que o transporte de sedimentos ocorra em suspensão. Na primeira, considera-se o transporte de todas as partículas sem permitir qualquer deposição do material, sendo essa abordagem denominada projeto no limite de deposição (*limit of deposition criteria*). A segunda abordagem, menos restritiva, propõe um limite específico de deposição, normalmente com altura entre 1% a 2% de sedimento com relação ao diâmetro da tubulação.

Para o transporte de sedimentos, ocorrendo essencialmente em suspensão, Macke (1982) sugere o uso da equação 11, mantendo-se sempre uma tensão trativa mínima de 1,07 N/m².

$$C_v = \frac{\lambda_c^3 V_L^5}{30.4(s-1)W_s^{1.5}A} \quad (\text{Eq. 11})$$

Onde:

C_v – Concentração volumétrica do sedimento (ppm)

λ_c – Valor composto adimensional de rugosidade de fundo de Darcy-Weisbach em tubulações com sedimento

V_L – Velocidade média do escoamento limite para o movimento do sedimento (m/s)

s – Peso específico da partícula

W_s – Velocidade de queda do sedimento (m/s)

A velocidade de queda da partícula pode ser calculada pela equação 12, com a viscosidade cinemática calculada pela equação 13. (SAKHUJA, 1987).

$$W_s = \frac{\sqrt{9v^2 + 10^{-9}d^2g(s-1)(0,03869 + 0,0248d - 3v)}}{10^{-3}(0,11607 + 0,074405d)} \quad (\text{Eq. 12})$$

Onde:

v – Viscosidade cinemática do fluido (m²/s)

d – Diâmetro da partícula de sedimento (m)

g – Aceleração da gravidade (m/s²)

$$v = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,03368T + 0,000221T^2} \quad (\text{Eq. 13})$$

Onde:

T – Temperatura (°C)

No caso em que o transporte de sedimentos ainda seja principalmente em suspensão, mas pode existir uma camada de sedimentos depositada, Ackers (1991) sugere o uso da equação 14 para a determinação da capacidade de transporte da tubulação.

$$C_v = J \left(W_e \frac{R}{A} \right)^\alpha \left(\frac{d}{R} \right)^\beta \lambda_c^\gamma \left(\frac{v}{(g(s-1)R)^{1/2}} - K \lambda_c^\delta \left(\frac{d}{R} \right)^\varepsilon \right)^m \quad (\text{Eq. 14})$$

Onde:

W_e – Largura efetiva da camada de sedimentos (m)

R – Raio hidráulico do escoamento (m)

A – Área molhada do escoamento (m²)

V – Velocidade média do escoamento (m/s)

$J, \alpha, \beta, \gamma, K, \delta, \varepsilon, m$ – Parâmetros específicos da equação desenvolvidos por Ackers-White (ver ACKERS, BUTLER e MAY, 1996)

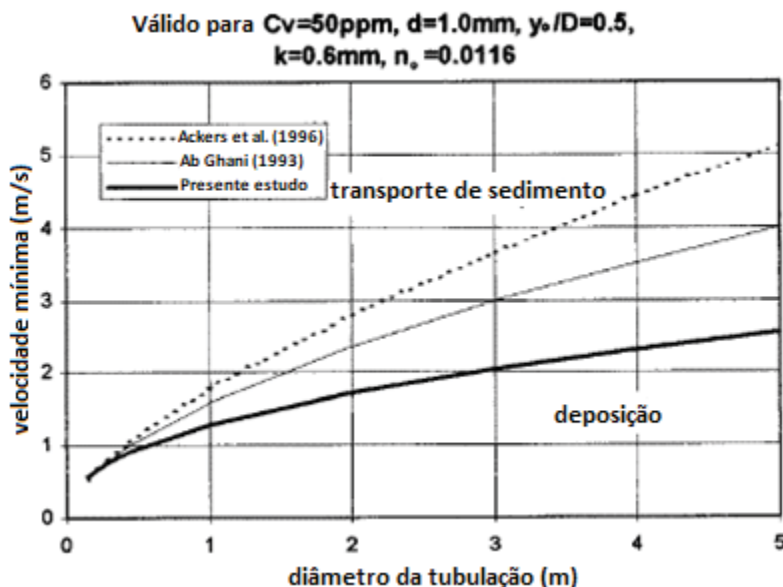
Observa-se que, segundo Ota e Perrusquia (2013), a utilização dos procedimentos de May podem levar a um superdimensionamento das tubulações, pois a metodologia pode resultar em tubulações muito íngremes, sem necessidade. Isso ocorre devido ao experimento de May ter sido realizado para diâmetros até 450 mm e os resultados extrapolados para diâmetros superiores. Rushforth, Tait e Saul (2003) mostraram essa discrepância, com a realização de testes em tubulação de 800 mm de diâmetro, onde foram comparados a capacidade de transporte de sedimentos, por arraste de fundo (*bedload*) de várias vazões de escoamento, com as metodologias teóricas de Ackers (1991) e May (1993). Os autores concluíram que as metodologias subestimam a capacidade de transporte de sedimentos pelo escoamento.

Safari, Mohammadi e Ghani (2018) realizaram uma revisão das metodologias de transporte de sedimentos para projetos de redes de drenagem e esgotos. Dentre as conclusões, destaca-se a ênfase no uso de aspectos físicos dos sedimentos, como tamanho das partículas, seus diâmetros e a interação entre elas, utilizada por Ota e Nalluri (2003) em seus experimentos para propor uma metodologia para o projeto de redes no chamado limite de deposição, a qual poderia ser extrapolada para diâmetros maiores de rede.

Em sua pesquisa os autores demonstram que, para diâmetros até 450 mm, os resultados encontrados são muito próximos dos modelos desenvolvidos por Ackers et al. (1996) e Ab Ghani (1993)¹¹. No entanto, para diâmetros maiores, as diferenças são significativas sendo os resultados de velocidades mínimas encontrados por Ota e Nalluri 50% menores. Isso é ilustrado na FIGURA 14, retirado do trabalho.

¹¹ AB GHANI, A. **Sediment transport in sewers**. p. 362. PhD thesis – Department of Civil Engineering, University of Newcastle Upon Tyne, Newcastle, 1993.

FIGURA 14 – EXEMPLO DE VELOCIDADE MÍNIMA REQUERIDA CALCULADA POR ACKERS ET AL., AB GHANI E OTA E NALLURI



FONTE: OTA E NALLURI (2003).

O modelo simplificado, proposto por Ota e Nalluri (2003), para o transporte de sedimentos atendendo ao critério de limite de deposição, é apresentado no trabalho de Silva e Ota (2013) e aqui reproduzida na equação 15.

$$\frac{V}{\sqrt{g(s-1)d}} = 0.785\xi^{-0.614}C_v^{0.227}\left(\frac{R}{d}\right)^{0.227}\left(\frac{k}{d}\right)^{0.409}\left(\sqrt{\frac{\lambda_c}{8}}\right)^{-1.227} \quad (\text{Eq. 15})$$

Onde:

V – Velocidade mínima requerida (m/s)

ξ – Fator de relação tensão trativa de fundo e tensão trativa média. Valor recomendado de 1,05

k – Fator de atrito do sedimento com a tubulação

Hunter Rouse, em 1937, estabeleceu um fator limite, denominado Número de Rouse (Z), para indicar a tipologia de transporte de sedimentos, se em suspensão, parte em suspensão e como arraste de fundo (*bedload*) ou somente como arraste de fundo (*bedload*), para escoamentos turbulentos. Pekker (2017), em seu trabalho de proposição de Z para escoamentos fracamente turbulento ou laminar, apresenta os valores limites de Z originalmente sugeridos por Hunter, aqui reproduzidos na TABELA 9.

TABELA 9 – NÚMERO DE ROUSE PARA AS TIPOLOGIAS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM ESCOAMENTO TURBULENTO

Tipo de transporte de sedimento	Número de Rouse
Arraste de fundo (<i>bedload</i>)	$Z > 2.5$
Suspensão: 50% suspenso	$1.2 < Z < 2.5$
Suspensão: 100% suspenso	$0.8 < Z < 1.2$
Arraste (<i>wash load</i>)	$Z < 0.8$

FONTE: Adaptado de PEKKER, 2017.

O número de Rouse é determinado pela equação 16, sendo a velocidade de cisalhamento do escoamento calculada pela equação 17.

$$Z = \frac{W_s}{U_* k} \quad (\text{Eq. 16})$$

Onde:

Z – Número de Rouse

k – Constante de Karman. Valor de 0,4 para escoamento turbulento

U_* – Velocidade de cisalhamento do escoamento (m/s)

$$U_* = V \sqrt{\frac{\lambda_c}{8}} \quad (\text{Eq. 17})$$

Todas as equações, de verificação de velocidade mínima para o transporte de sedimentos, anteriormente apresentadas utilizam o coeficiente de rugosidade de Darcy-Weisbach (λ_c). No Brasil, normalmente é utilizada a equação de Manning (ver equação 7) para a determinação da capacidade de transporte em redes de drenagem e esgotos e, por consequência, o coeficiente de Manning (n) é adotado para a determinação da rugosidade. Assim, para normalizar o dimensionamento, pode-se utilizar a equação 18, que relaciona os coeficientes de rugosidade de Darcy-Weisbach e Manning, com λ_c em metros e n em segundos por metro elevado a um terço.

$$n = \frac{(\lambda_c)^{1/6}}{26} \quad (\text{Eq. 18})$$

Para redes de esgotos o Brasil possui as normas da ABNT NBR 9649 e NBR 14486, que especificam, claramente, os valores a serem assumidos para o coeficiente de rugosidade Manning, como anteriormente citado. No caso de redes de drenagem, como explicitado anteriormente, o país possui apenas manuais ou planos de

drenagem que sugerem os valores a serem adotados, relegando ao projetista a escolha dos valores. Vários são os autores que apresentam valores do coeficiente de rugosidade de Manning de acordo com os materiais das tubulações. Walski et al. (2007) sugerem valores de acordo com o diâmetro das tubulações e condições de instalações das mesmas, como podem ser vistos na TABELA 10, inclusive sendo citados no manual da ASCE nº60, que dispõe sobre o projeto e construção de redes de esgoto e drenagem (ASCE, 2007).

TABELA 10 – COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING POR DIÂMETRO E CONDIÇÃO DE INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES

Condição de Instalação	Diâmetro pol (mm)					
	6 (152)	8 (203)	10 (254)	12 (305)	15 (381)	18 (457)
Cuidadosa	0,0092	0,0093	0,0095	0,0096	0,0097	0,0098
Normal	0,0106	0,0107	0,0109	0,0110	0,0112	0,0113
Abaixo dos padrões	0,0120	0,0121	0,0125	0,0125	0,0126	0,0127
Condição de Instalação	24 (610)	30 (762)	36 (914)	48 (1219)	60 (1524)	72 (1829)
Cuidadosa	0,0100	0,0102	0,0103	0,0105	0,0107	0,0109
Normal	0,0115	0,0117	0,0118	0,0121	0,0123	0,0125
Abaixo dos padrões	0,0130	0,0133	0,0134	0,0137	0,0139	0,0142

FONTE: Adaptado de WALSKI et al., 2007.

Com relação à vazão de dimensionamento das redes de drenagem, as mesmas são dimensionadas para as vazões de pico relacionadas a um tempo de recorrência pré-determinado. Podem ser utilizados, basicamente duas metodologias para a determinação das vazões, os métodos estatísticos que fazem uso de séries históricas de vazões ou precipitações e os métodos indiretos, que fazem usos de equações que relacionam as chuvas com as vazões de escoamento resultante delas. Dentre os métodos indiretos mais utilizados destaca-se o Método Racional, sendo o mais simples dos métodos, o qual transforma uma chuva crítica em vazão de projeto (FENDRICH, 1997).

Segundo Dooge (1974) e Hager (2014), o método racional foi apresentado pela primeira vez em 1851 pelo Engenheiro Civil Irlandês Thomas John Mulvany (1821 – 1892), publicada no artigo “*On the use of self-registering and flood gauges in making observations on the relation of rainfall and flood discharges in a given catchment*” (1851). O trabalho de Mulvany caiu no ostracismo até ser utilizado por Emil Kuickling (1848-1914), engenheiro sanitaria municipal de Rochester, Estado de Nova York (1877-1888), nascido na Alemanha, que introduziu a expressão nos Estados Unidos da América intitulando-a de fórmula racional (1889).

Segundo Fendrich (1997) devido, principalmente, as simplificações do método em considerar a bacia inteira como uma unidade homogênea e a constância e uniformidade das precipitações em toda a bacia, a metodologia é limitada ao uso de pequenas bacias. Nesse sentido, cabe observar a heterogeneidade de considerações do termo “pequenas bacias”, como é apresentado por Tomaz (2013) na TABELA 11, que sugere o limite de 3 km² para utilização do método.

TABELA 11 – VALORES LIMITES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO RACIONAL

Autores	Área	
	ha	km ²
David H. Pilgrim e Ian Cordery (Austrália) Método probabilístico, 1993	de 2.000 a 50.000	20 a 500
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo (FCTH) 1998	300	3
Wanielista et al., 1997	20 a 40	0,2 a 0,4
Ven Te Chow	40 a 81	0,4 a 0,81
DAEE, 2005 para pequenas barragens	200	2
DAEE-Cetesb	até 100	1
Porto, 1995	até 300	3
Linsley et al.	40 a 486	0,4 a 4,86
Paulo Sampaio Wilken	até 500	5
Linsley e Franzini	até 500	5
Osman Akan, 1993	até 1300	13
Califórnia Hihgways	até 4.050	40,5
Otto Pfafstetter	até 20.000	200
ASCE, 1992	até 80	0,8
Debo e Reese, 1995	até 40	0,4
Regulamento do sul da Califórnia proíbe acima de oito hectares	até 8	0,08
McCuen, 1998	Pequenas Bacias	

FONTE: TOMAZ, 2013.

O hidrograma esquemático do Método Racional é apresentado na FIGURA 15, enquanto a equação 19 apresenta o método em uma dentre várias formas, dependendo das unidades utilizadas, apresentados por Tomaz (2013).

$$Q = \frac{C.A.i}{360} \quad (\text{Eq. 19})$$

Onde:

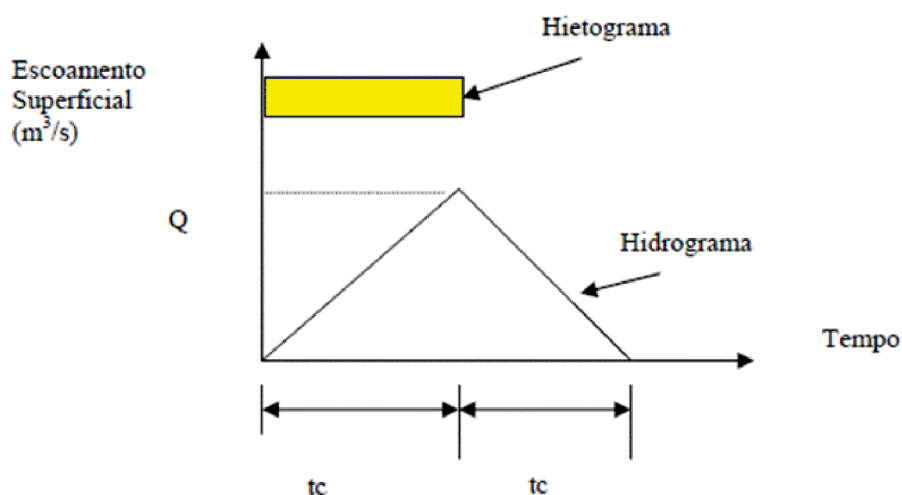
Q – Vazão máxima de drenagem (m³/s)

C – Coeficiente de escoamento superficial

A – Área de drenagem (hectares)

i – Intensidade da chuva (mm/h)

FIGURA 15 – HIDROGRAMA ESQUEMÁTICO DO MÉTODO RACIONAL



FONTE: TOMAZ (2013).

O coeficiente de escoamento superficial, cujo qual representa a quantidade de chuva que precipita e escoam superficialmente até o sistema de drenagem, varia de acordo com a área impermeabilizada das superfícies, tipologia da área quanto a urbanização, na área urbana, quanto a ocupação, comercial, residencial ou industrial, tipo do pavimento, além do Tempo de Recorrência adotado para o projeto, entre outros. Assim, a escolha adequada do coeficiente a ser utilizado varia de profissional para profissional, sugerindo-se, porém, que sejam assumidos valores heterogêneos de acordo com a área avaliada (FENDRICH, 1997).

De maneira geral, mas não limitada, são apresentados na TABELA 12, TABELA 13 e TABELA 14, valores de coeficientes C , respectivamente para tipologias de usos do solo, ocupação da área urbana e superfícies de cobertura do terreno, sendo os dois últimos para um Tempo de Recorrência entre 2 e 10 anos.

A intensidade de chuva é calculada através de uma relação entre a duração e frequência (Tempo de Retorno) das chuvas máximas, a qual é característica do local de análise, mas tem a forma geral como a apresentada por Fendrich (1997) e aqui reproduzida na equação 20.

$$i = \frac{K.T_r^m}{(t+t_0)^n} \quad (\text{Eq. 20})$$

Onde:

t – Tempo de escoamento da chuva (min)

T_r – Tempo de retorno (anos)

K, t_0, m, n – Parâmetros específicos a serem determinados para as localidades

TABELA 12 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR USO DO SOLO

Uso do solo	Tempo de Recorrência							
	2-10		25		50		100	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Sistema viário								
Vias pavimentadas	0,75	0,85	0,83	0,94	0,90	0,95	0,94	0,95
Vias não pavimentadas	0,60	0,70	0,66	0,77	0,72	0,84	0,75	0,88
Áreas industriais								
Pesadas	0,70	0,80	0,77	0,88	0,84	0,95	0,88	0,95
Leves	0,60	0,70	0,66	0,77	0,72	0,84	0,75	0,88
Áreas comerciais								
Centrais	0,75	0,85	0,83	0,94	0,90	0,95	0,94	0,95
Periféricas	0,55	0,65	0,61	0,72	0,66	0,78	0,59	0,81
Áreas residenciais								
Gramados planos	0,10	0,25	0,11	0,28	0,12	0,30	0,13	0,31
Gramados ígremes	0,25	0,40	0,28	0,44	0,30	0,48	0,31	0,50
Condomínios c lotes >300 m²	0,30	0,40	0,33	0,44	0,36	0,48	0,31	0,50
Residências unifamiliares	0,45	0,55	0,50	0,61	0,54	0,66	0,56	0,69
Uso misto-denso	0,50	0,60	0,55	0,66	0,50	0,72	0,63	0,75
Prédios/conjuntos de apartamentos	0,60	0,70	0,66	0,77	0,72	0,84	0,75	0,88
Playground/Praças	0,40	0,50	0,44	0,55	0,48	0,60	0,50	0,63
Áreas rurais								
Áreas agrícolas	0,10	0,20	0,11	0,22	0,12	0,24	0,13	0,25
Solo exposto	0,20	0,30	0,22	0,33	0,24	0,36	0,25	0,38
Terrenos montanhosos	0,60	0,80	0,66	0,88	0,72	0,95	0,75	0,95
Telhados	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

FONTE: MAYS, 2001¹² apud CANHOLI, 2014.

TABELA 13 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR OCUPAÇÃO NA ÁREA URBANA

Uso área urbana	Mín.	Máx.
Negócios		
Centro	0,70	0,95
Vizinhança	0,50	0,70
Residencial		
Unifamiliar	0,30	0,60
Multifamiliar separado	0,40	0,60
Multifamiliar germinadas	0,60	0,75
Residencial suburbana	0,25	0,40
Apartamentos	0,50	0,70
Industrial		
Leve	0,50	0,80
Pesado	0,60	0,90
Parques e cemitérios	0,10	0,25
Playgrounds	0,20	0,35
Paradas de Ferrovias	0,20	0,35
Áreas sem urbanização	0,10	0,30

FONTE: ASCE, 1992.

¹² Mays, L. W. **Stormwater collection systems design handbook**. McGraw-Hill, Toronto, 2001.

TABELA 14 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR SUPERFÍCIE DE COBERTURA DO TERRENO

Superfície	Mín.	Máx.
Asfalto e concreto	0,70	0,95
Blocos	0,70	0,85
Telhados	0,75	0,95
Gramados, solos arenosos		
declividade baixa (até 2%)	0,05	0,10
declividade média (de 2% a 7%)	0,10	0,15
declividade alta (maior que 7%)	0,10	0,20
Gramados, com solos compactos		
declividade baixa (até 2%)	0,13	0,17
declividade média (de 2% a 7%)	0,18	0,22
declividade alta (maior que 7%)	0,25	0,35

FONTE: ASCE, 1992.

4.5.5.2 Sistemas urbanos de drenagem sustentável (SUDS)

Charlesworth (2010) cita que os Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS) se consolidaram como práticas e ações de drenagem que buscam o aprimoramento da qualidade, diminuição dos volumes de pico e de escoamento superficial das águas de chuva, além de melhoria da biodiversidade e composição com o ambiente em que se encontra. Além disso, conhecido os impactos do aquecimento global, o SUDS está sendo visto como uma das ações para mitigar esses impactos.

O termo SUDS (*Sustainable Drainage System*) é o termo utilizado no Reino Unido para referenciar as técnicas de controle de água de chuva, de maneira mais natural e na origem dessas águas. Porém, a mesma filosofia é conhecida como Medidas de Controle de Águas Pluviais (SCMs – *Stormwater Control Measures*) nos Estados Unidos, Projeto Urbano Sensível à Água (WSUD – *Water Sensitive Urban Design*) na Austrália e Cidade Esponja (*Sponge City*) na China (BUTLER et al., 2017).

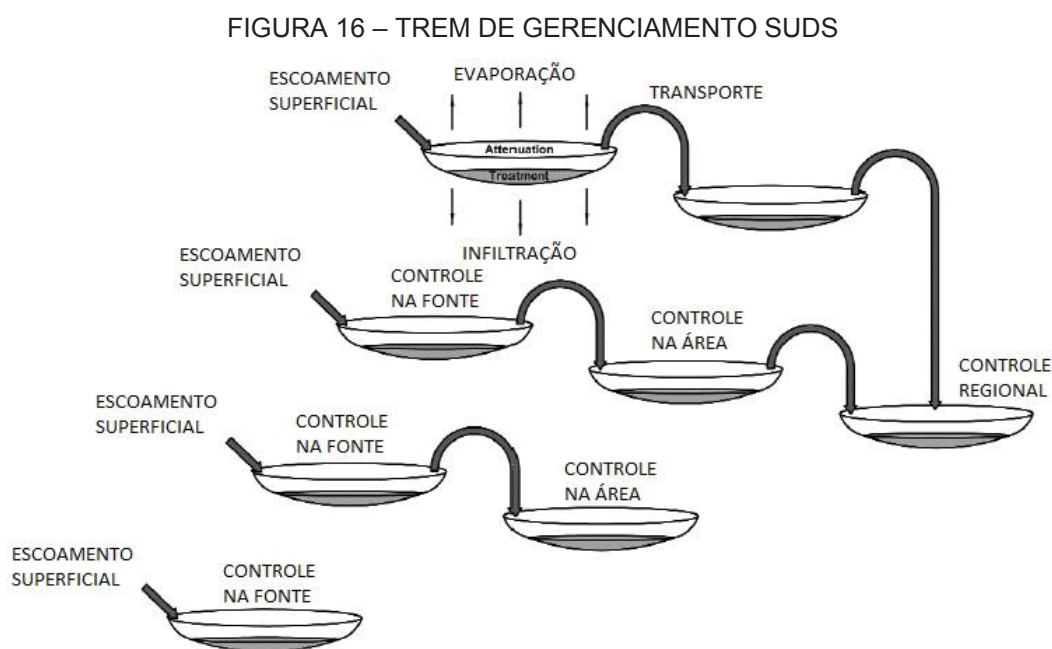
No presente trabalho será mantido o uso da sigla SUDS, por essa se adequar à língua portuguesa como Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável.

Observa-se que as técnicas de SUDS não são nenhuma novidade, haja visto que no passado, por exemplo, em Creta, na era do bronze, já se utilizava a captação da água de chuva para sua utilização. Foram observados também, no mediterrâneo estruturas para coleta e armazenamento de água de chuva para uso.

Os SUDS podem promover a melhoria da qualidade da água de chuva através de técnicas de infiltração, sedimentação e biodegradação, por exemplo. Em termos quantitativos, essas técnicas auxiliam na diminuição do volume de água do

escoamento superficial e no amortecimento das vazões de pico de chuva (CHARLESWORTH, 2016).

Segundo Woods-Ballard et al. (2007) os SUDS procuram simular o processo do ciclo da água no ambiente natural. Para tanto, de maneira a se obter uma maior eficiência do sistema na redução da poluição, vazão e volumes de água, os autores sugerem que as técnicas sejam utilizadas em série, processo esse denominado trem de gerenciamento (*management train*). A sequência de passos a serem utilizadas seria, a prevenção, através do gerenciamento adequado das áreas para reduzir a poluição e o escoamento superficial. Controle na fonte, buscando a mitigação do escoamento superficial com técnicas aplicadas próximas à fonte de origem, como métodos de infiltração e utilização de telhados verdes. Controle na área, onde ocorreria o transporte das águas pluviais, coletadas nas áreas impermeáveis, como telhados e pavimentos, para um dispositivo de drenagem como lagoa de infiltração e bacia de detenção. Finalmente, o controle regional, com o envio das águas coletadas de uma ou várias regiões para um dispositivo de drenagem natural, como lagoa de retenção ou detenção e wetlands. A FIGURA 16 apresenta a representação esquemática do trem de gerenciamento aplicado ao SUDS.



FONTE: Adaptado de WOODS-BALLARD et al. (2007) apud BERRY (2002)¹³.

¹³ BERRY, C. W. Sustainable Urban Drainage-Uk Experience and Practical Application in New Zealand. In: **Conference on Sustainable Drainage**. Coventry University, UK. 2000.

O QUADRO 11 apresenta alguns dispositivos SUDS, sua função no trem de gerenciamento, eficiência na redução de quantidade de água e potencial para ser modernizado.

QUADRO 11 – CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE SUDS SEGUNDO O TREM DE GERENCIAMENTO

Dispositivo	Origem	Área	Regional	Transporte	Efetividade na qualidade da água	Potencial de modernização
Utilização de Água de chuva	X	X	-	-	Baixa*	Sim
Sistema de pavimento permeável	X	X	-	-	Alta	Sim
Faixa Filtrante	X	-	-	-	Baixa/Média	Sim
Canais de filtração com vegetação (SWALES)	X	X		X	Média	Limitada
Lagos	-	X	X	-	Média/Alta*	Improvável
Wetland	-	X	X	O	Baixa/Média	Improvável
Lagoas de Detenção	-	X	X	-	Alta*	Sim
Sumidouro	X	-	-	-	Média	Sim
Valas de Infiltração	X	X		O	Média/Alta	Sim
Bacias de Infiltração	-	X	X	-	Média*	Não
Sistema de biorretenção	X	X	-	-	Alta	Sim
Filtro de areia	-	X	O	-	Baixa	Sim
Telhado Verde	X	-	-	-	Média/Alta	Sim

FONTE: Adaptado de WOODS-BALLARD et al. (2007).

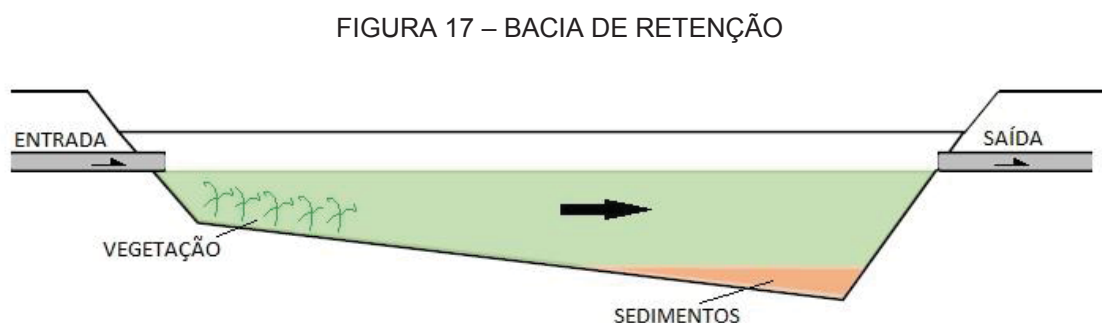
NOTA: * Depende do tamanho da estrutura para retenção da água; X – mais adequado; O – menos adequado; - não é possível

Segundo Woods-Ballard et al. (2015) existem muitos dispositivos de SUDS e com isso sua aplicação pode ser realizada em praticamente todas as áreas. A seguir são apresentados alguns dispositivos, destacando-se as eficiências obtidas tanto em termos quantitativos de redução de escoamento superficial e picos de chuva, quanto no aprimoramento da qualidade das águas.

4.5.5.2.1 Bacias de retenção e detenção

As bacias de retenção ou lagos, são áreas com um volume permanente de água, mas que também oferecem volume de armazenamento de água da chuva durante os períodos de precipitação. Além da diminuição dos picos de chuva, oferecem a possibilidade de mitigação da poluição hídrica, através da melhoria da qualidade da água, haja visto a captura de sedimentos cujos quais possuem

poluentes aderidos aos mesmos. A FIGURA 17 apresenta um desenho esquemático da bacia de retenção (BUTLER et al., 2017).



FONTE: Adaptado de BUTLER et al. (2017).

Já as bacias de retenção são formadas para armazenar a água da chuva por um tempo, liberando-as, através de uma descarga controlada, para o sistema de drenagem subsequente ou diretamente no corpo hídrico. Em períodos secos são áreas secas, pouco notadas pela população, devido sua integração com o ambiente, podendo funcionar inclusive como área de recreação durante esses períodos. A FIGURA 18 mostra um exemplo de bacia de retenção em uma estrada rural (BUTLER et al., 2017).

FIGURA 18 – BACIA DE DETENÇÃO EM ESTRADA RURAL



FONTE: WOODS-BALLARD et al. (2015).

Com relação à qualidade de água, Shammaa et al. (2002) apresentam eficiências mínima e máxima de 20% e 60%, respectivamente para os SST, para bacia de retenção. Birch et al. (2006) avaliaram as eficiências de remoção de SST, NKT, NOx, NT e PT, além de traços de metal, para uma bacia de retenção adjacente a uma rodovia. No caso dos SST, os pesquisadores encontraram uma larga faixa de variação na remoção, desde um mínimo de -12%, ou seja, SST sendo carregados durante as precipitações, até um máximo de 93%, com um valor médio de 40%. Para as formas nitrogenadas NTK e NT, respectivamente, foram encontradas remoções de 56% e 28%, porém para os NOx a remoção foi negativa, de -42%, ou seja, houve uma piora na qualidade da água de saída. O PT também resultou em uma piora na qualidade da água, com uma remoção negativa de -5% do nutriente.

Campana et al. (2007) avaliaram a eficiência de redução de vazões de pico em duas bacias e remoção de poluentes uma de retenção e outra de retenção. Os autores encontraram uma eficiência média na redução de vazão de pico, respectivamente de 74% e 62,6%. Com relação aos SST a remoção resultou na faixa de 41 a 74%.

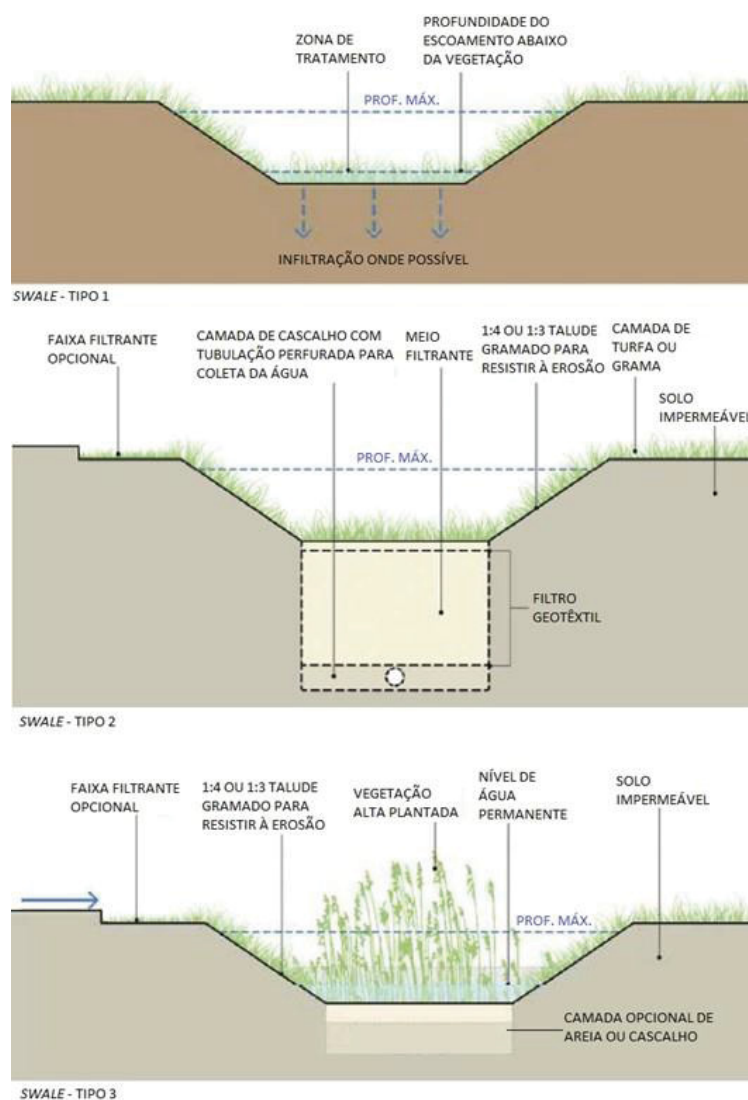
Houle et al. (2013) citam eficiências médias de remoção de SST, NT e PT, respectivamente de 79%, 25% e 0%, enquanto Charlesworth et al. (2016) apresentam uma remoção mínima de 30% e máxima de 80% para os SST e para o NT as remoções citadas são entre 5% e 40%.

4.5.5.2.2 Trincheiras de infiltração com vegetação (SWALES)

Trincheiras de infiltração com vegetação são canais com cobertura vegetal projetados para o transporte, infiltração e tratamento da água de escoamento superficial. Basicamente, segundo Woods-Ballard et al. (2015), existem 3 tipologias de trincheiras com vegetação. O primeiro pode ser projetado para transporte da água de escoamento superficial para um estágio subsequente do sistema de drenagem, auxiliando na atenuação do pico e vazão do escoamento superficial. O segundo tipo, denominado trincheira com vegetação a seco, possui um filtro ao longo de toda sua base, filtrando, dessa maneira, a água do escoamento superficial sendo esta então coletada na base do filtro e transportada para o estágio subsequente do sistema de drenagem, como descarga final no corpo receptor. O terceiro tipo, é similar ao primeiro, porém, é mantido ao longo do canal uma lâmina água, com uma vegetação

específica plantada, a qual realiza um tratamento da água. A FIGURA 19 apresenta seções esquemáticas dos três tipos de trincheiras com vegetação supracitados.

FIGURA 19 – TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO COM VEGETAÇÃO



FONTE: Adaptado de WOODS-BALLARD et al. (2015).

No contexto de qualidade da água da chuva, Backstrom (2003) apresenta uma eficiência média de remoção de SST de 70%, com uma redução do volume de água de escoamento superficial de 54%. Houle et al. (2003) citam uma eficiência média de 58% na remoção de SST e, para o NT e PT, não houve remoção significativa. Mohamed (2014) apresenta uma eficiência de remoção de SST mínima e máxima de 50% e 75%, não encontrando resultados conclusivos para a remoção do NT e PT. Charlesworth et al. (2016) citam eficiências mínimas e máximas, respectivamente para os SST e NT de 10% e 40% e 10% e 35%.

4.5.5.2.3 Lagoas de Infiltração

Diferentemente das bacias de retenção e detenção, as Lagoas de infiltração são áreas escavadas, com nenhuma declividade de fundo, providas de vegetação, que recebem a água de chuva, estocando-as, permitindo sua infiltração no solo. Devem ser utilizadas em locais em que as condições do solo permitam a infiltração, tomando-se o cuidado para não contaminar os aquíferos subterrâneos. A FIGURA 20 apresenta uma seção típica de uma lagoa de infiltração (BUTLER et al., 2017).

FIGURA 20 – LAGOAS DE INFILTRAÇÃO



FONTE: Adaptado de BUTLER et al. (2017).

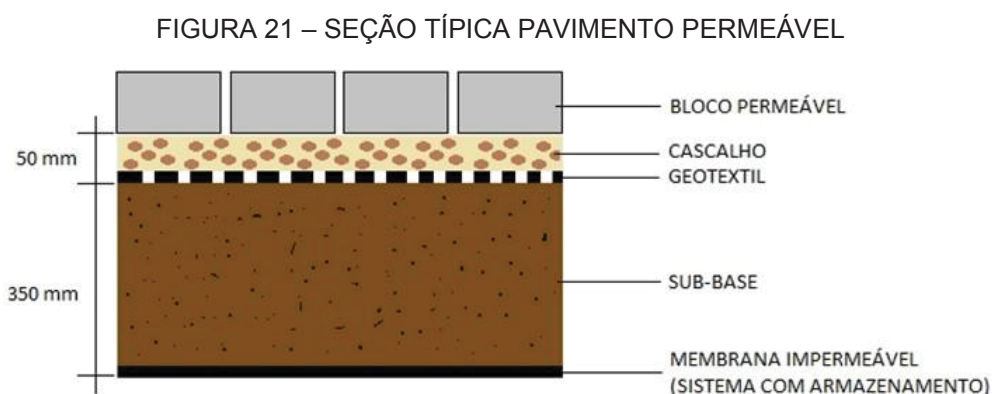
No contexto de eficiência de remoção de poluentes Birch et al. (2005) apresentam eficiências, para vários eventos de chuva, de SST, PT, NKT, NOx e NT. Para os SST citam-se valores entre 31% e 88% de remoção. Para os nutrientes, as eficiências apresentadas para o PT e NKT foram, respectivamente, de 37% a 55% e 47% a 74%. No caso dos NOx e NT, observou-se uma piora da qualidade da água, com valores negativos de eficiência, sendo de -229% a -36% para o NOx e de -22% a 40% para o NT. Charlesworth et al. (2016) citam eficiências de remoção de 60% a 90% para os SST e 20% a 50% para o NT.

4.5.5.2.4 Pavimentos Permeáveis

Os sistemas de pavimentos permeáveis possuem as mais variadas formas de aplicação, como para acessos de veículos, estabilização de taludes e controle de

erosão, estacionamento de veículos, vias de pedestres, todas podendo ser utilizadas em áreas residenciais, comerciais ou industriais (SCHOLZ e GRABOWIECKI, 2007).

Butler et al. (2017) citam que os pavimentos permeáveis são mais comumente utilizados em áreas de estacionamento ou de baixo tráfego de veículos, podendo ser constituídos de vários materiais e disposições de instalação, como blocos porosos, onde a água infiltra pelos poros dos materiais, blocos não porosos, mas dispostos com juntas preenchidas por terra e grama, permitindo a infiltração da água por essas juntas. Na base desses pavimentos podem ser implantadas membranas permeáveis e impermeáveis, onde, no primeiro, a água infiltrada através dos blocos ou juntas, também dispostas por infiltração no solo. No segundo caso, a água infiltrada pelos blocos será armazenada em um tanque para descarga controlada, atenuando assim a vazão de pico da chuva. A FIGURA 21 apresenta uma seção típica de pavimento permeável, com membrana impermeável.



FONTE: Adaptado de BUTLER et al. (2017).

Segundo Scholz e Grabowiecki (2007), citando Andersen et al. (1999)¹⁴ e Dierkes et al (2002)¹⁵, os sistemas de pavimento permeáveis possuem, para áreas urbanas, uma relação custo benefício maior quando comparados à drenagem convencional, bacias de detenção e retenção, haja visto a alta capacidade de infiltração das águas de escoamento superficial. Além, da diminuição do volume de

¹⁴ Andersen CT, Foster IDL, Pratt CJ. The role of urban surfaces (permeable pavements) In: **Regulating drainage and evaporation: development of a laboratory simulation experiment**. Hydrological Processes 1999;13(4):597–609.

¹⁵ Dierkes C, Goebel P, BenzeW, Wells J. Next generation water sensitive storm water management techniques. In: **Melbourne Water, editor. Proceedings of the second national conference on water sensitive urban design**, 2–4 September 2000, Brisbane, Australia, 2002.

escoamento superficial, esses pavimentos podem auxiliar na recarga de aquíferos, economia de água através do uso da água e mitigação da poluição hídrica.

Kayhanian et al. (2019) apresentam, uma comparação entre os pavimentos permeáveis e os pavimentos convencionais. Em termos de meio ambiente, observam-se baixos níveis de poluição, baixo nível de ruído, alta permeabilidade vertical, alta capacidade de acumulação de água e baixo escoamento superficial, quando comparado com o pavimento convencional. Os autores, citam as desvantagens, quando comparados aos pavimentos convencionais, da baixa capacidade estrutural e maior custo inicial.

No contexto de controle da poluição, possuem um grande potencial de redução dos sólidos suspensos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), hidrocarbonetos, redução de amônia, além de exigirem menor frequência de manutenção quando comparados com sarjetas, por exemplo (SCHOLZ e GRABOWIECKI, 2007).

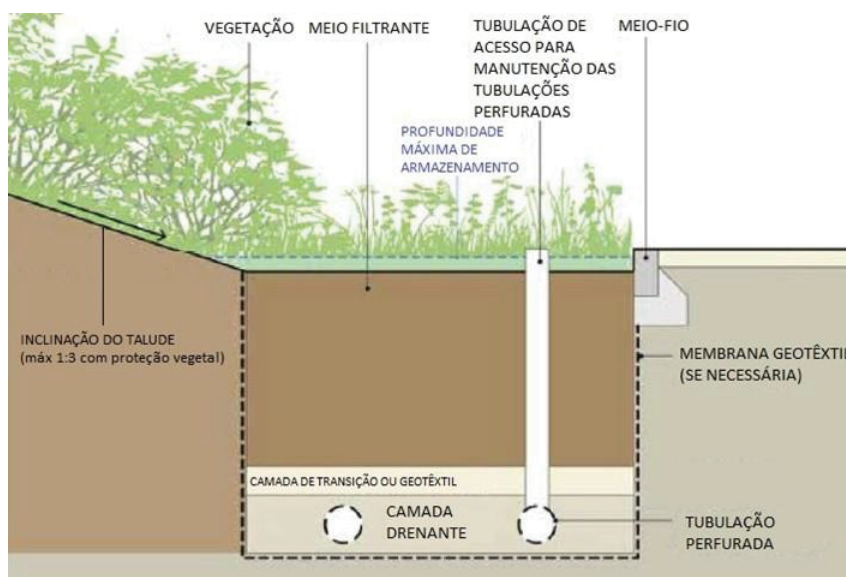
Houle et al. (2013) apresentam uma eficiência média de remoção dos SST de 99%, similar ao encontrado por Brown et al. (2009), reportando uma eficiência entre 90% e 96%. Já Yong et al. (2011) citam uma faixa bem larga de eficiências de remoção de SST, com um valor mínimo de 8% e máximo de 100%. Com relação ao NT e PT, citam-se valores mais variados ainda. Para o NT, Houle encontrou 0% de remoção e Yong apresenta uma faixa onde, inclusive, observou-se uma piora na qualidade de água, com uma eficiência mínima de -27% e máxima de 67%. Finalmente para o PT a eficiência de remoção, encontrada por Houle, foi de 60%. Já Yong relata eficiências de remoção na faixa entre -288% e 94%.

Com relação ao volume, Collins et al. (2006), avaliaram quatro tipos de pavimentos permeáveis, comparando-os com o pavimento convencional em asfalto. Os autores observaram que, quando comparados ao pavimento convencional, em todos os pavimentos permeáveis obteve-se uma maior redução no volume de escoamento superficial e na vazão de pico da precipitação. As reduções mínima e máxima obtidas para o escoamento superficial foram, respectivamente, de 11,76% a 98,97%, dependendo do tipo de pavimento permeável. Já com relação à redução da vazão de pico, o valor mínimo de redução obtido foi de 31,3%, chegando a um máximo de 100% para os blocos de concreto vazados.

4.5.5.2.5 Sistemas de Biorretenção

Sistemas de biorretenção são formados por áreas rasas com vegetação, com base construída, normalmente um leito filtrante, que auxiliam na diminuição do escoamento superficial e aprimoram a qualidade da água. Além disso, podem fornecer um melhoramento no microclima da área instalada, devido à evapotranspiração e desenvolvimento da biodiversidade. Com relação à infiltração, cuidados devem ser tomados, como impermeabilização, apenas nos casos onde a infiltração da água pode ser prejudicial, como fundações de edificações e contaminação do lençol subterrâneo. A FIGURA 22 apresenta os componentes principais de um sistema de biorretenção (WOODS-BALLARD et al., 2015).

FIGURA 22 – SEÇÃO TÍPICA SISTEMA DE BIORRETENÇÃO



FONTE: Adaptado de WOODS-BALLARD et al. (2015).

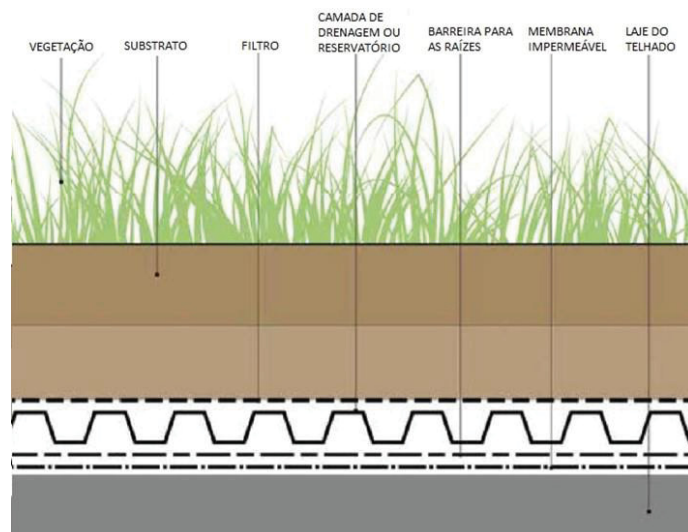
Com relação à eficiência desses sistemas, Trowsdale e Simcock (2011) realizaram um experimento para monitorar e avaliar a eficiência de um sistema de biorretenção recebendo água de escoamento superficial de uma área industrializada e uma estrada movimentada. Quanto ao volume do escoamento superficial, foram observados diminuição do volume, considerando o que afluía ao sistema, de um mínimo de 23% a um máximo de 90%, nos doze eventos de chuva avaliados. Os poluentes também foram diminuídos significativamente com uma observação de que, apesar da variabilidade desses poluentes no afluente ao sistema, no efluente observou-se uma relativa consistência das concentrações de poluentes. A

concentração SST afluentes foram em média de 30 mg/L, com um máximo de 375 mg/L, sendo que no efluente do sistema a concentração média foi reduzida para 3 mg/L, com um máximo de 42 mg/L.

4.5.5.2.6 Telhados Verdes

Telhados verdes são estruturas com vegetação plantadas nas coberturas de edificações, podendo ser do tipo extensiva, com baixo substrato e instaladas sobre uma camada leve de drenagem ou tipo intensiva, quando vegetações de raízes mais profundas são empregadas. O sistema propicia a evapotranspiração, armazenamento parcial da água da chuva e melhora na qualidade da água da chuva que passa pela camada de solo. A FIGURA 23 mostra uma seção típica de um telhado verde do tipo extensivo (BUTLER et al., 2017).

FIGURA 23 – SEÇÃO TÍPICA TELHADO VERDE TIPO EXTENSIVO



FONTE: Adaptado de WOODS-BALLARD et al. (2015).

A eficiência de retenção de água de escoamento superficial em telhados verdes, varia de acordo com a intensidade e duração da chuva, declividade do telhado, profundidade e grau de saturação do substrato e morfologia da vegetação utilizada (BUTLER et al., 2017 apud WHITTINGHILL et al., 2015¹⁶).

¹⁶ Whittinghill, L.J., Rowe, D.B., Andresen, J.A., and Cregg, B.M. 2015. Comparison of stormwater runoff from sedum, native prairie, and vegetable producing green roofs. In: **Urban Ecosystems**, 18, 13–29.

Berndtsson (2010) citando vários trabalhos, apresenta eficiências médias que variam entre 45% e 78% na retenção de escoamento superficial. Li et al. (2014) reportam eficiências mínima e máxima, de retenção do escoamento superficial, respectivamente de 40% e 60%. Tassi et al. (2014) cita uma eficiência média de 62% e Lourenço (2014) eficiências mínima e máxima, para telhado tipo vegetação extensiva, de 40% e 60% e para a intensiva uma eficiência mínima de 60% na retenção do escoamento superficial.

Qualitativamente, a eficiência de remoção de poluentes dos telhados verdes também variam consideravelmente, sendo influenciada pelo tipo de material utilizado como substrato, espessura da camada de solo, tipo de drenagem, manutenção e químicos utilizados para a fertilização, poluentes na precipitação, intensidade e duração da precipitação, entre outros (BERNDTSSON, 2010). Gregoire e Clausen (2011), apresentam eficiências médias de remoção de NT, NKT e NO_x, respectivamente de 32,1%, 45,7% e 22,8%. No caso do PT e PO₄, mostram eficiências negativas de, respectivamente, -191% e -320%. Wang (2013) cita eficiências mínima e máxima de remoção de DQO e NT, respectivamente de 10% e 73%, e 1% e 22,5%. Para o PT foi observada eficiência de 0% de remoção.

4.5.5.2.7 Uso de água de chuva

O dispositivo de uso de água de chuva, como seu nome já diz, contempla a coleta da água de chuva, tratamento e armazenamento para posterior uso, seja áreas residenciais, comerciais, industriais e de serviços públicos. Os usos possíveis dependerão do grau de poluição da área de coleta e do tratamento fornecido para essa água. Normalmente não são utilizadas para fins potáveis, pois para isso requereriam um tratamento avançado. Os usos mais comuns são rega de jardim, lavagem de áreas externas e em bacias sanitárias (WOODS-BALLARD et al., 2015).

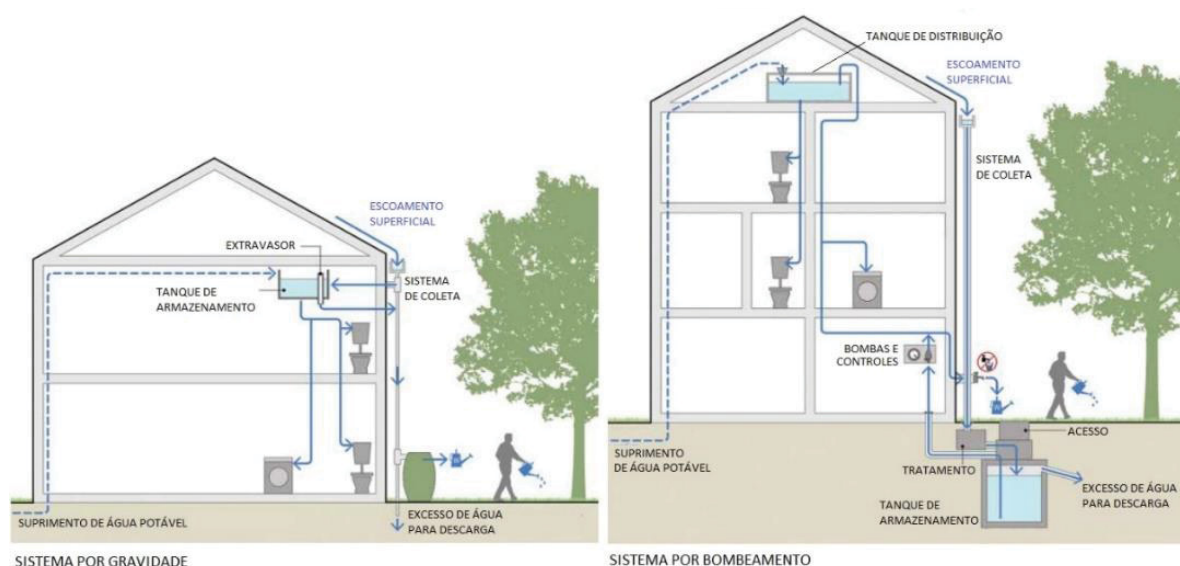
No Brasil existe uma norma da ABNT a NBR 15527 de 2007, a qual estabelece os parâmetros de qualidade da água de chuva a ser utilizada. Observa-se a necessidade de desinfecção dessa água para qualquer uso não potável (ABNT, 2007).

Segundo Woods-Ballard et al. (2015) existem três tipologias de sistemas de uso de água de chuva. O primeiro tipo é o sistema por gravidade, onde a água é coletada e utilizada sem a necessidade de dispositivo de bombeamento. O segundo

sistema faz uso de um dispositivo de bombeamento para o seu uso. O terceiro sistema nada mais é do que a combinação dos sistemas 1 e 2. A FIGURA 24 apresenta um esquema dos dois tipos de sistema, por gravidade e com bombeamento.

O sistema de uso de água de chuva terá um impacto no volume de água do escoamento superficial e no pico de chuva. Rozos e Makropoulos (2012) simularam dois cenários para investigar os benefícios da aplicação do uso da água na redução da demanda de água potável e do pico de chuva. Com relação ao pico de chuva os autores encontraram eficiências de 54% e 61% de redução.

FIGURA 24 – SISTEMAS DE USO DE ÁGUA DE CHUVA



FONTE: Adaptado de WOODS-BALLARD et al. (2015).

Zhang e Hu (2014) realizaram uma análise para uma área industrial no intuito de encontrar o volume ótimo, em termos de custo benefício, para uma cisterna para uso de água de chuva, considerando que o ponto ótimo seria aquele onde se reduzisse o máximo de volume de escoamento superficial, ao menor custo. Os autores analisaram 3 cenários para 3 diferentes alturas de chuvas. Os resultados indicaram que, para a menor altura de chuva avaliada e a média das chuvas máximas diárias, considerando os usos pretendidos, poder-se-ia reduzir o volume de escoamento superficial na área em 100%. No caso do evento de máxima chuva diária observada, essa redução seria de 58%.

Palla et al. (2017) realizaram um experimento para um conjunto de blocos residenciais em Gênova na Itália, para verificar o impacto na redução do escoamento superficial e no pico de chuva. Os pesquisadores encontraram uma eficiência média de redução, para o escoamento superficial, de 26% e para o pico de chuva 33%, chegando a valores máximos, respectivamente, de 51% e 65%.

4.5.5.2.8 *Wetlands* construídas

Wetlands são áreas escavadas rasas preenchidas com água e específicas plantas aquáticas que transmitem o oxigênio da atmosfera para as raízes, de maneira a proporcionar o crescimento microbológico. Através da ação biológica a qualidade da água pode ser melhorada significativamente, pela remoção de metais, nutrientes e bactérias. Além disso, através da sedimentação, ocorre uma grande remoção de sólidos suspensos. Em termos de instalação, são de simples execução e relativamente econômicas, porém, com relação à operação, requerem uma programação a longo prazo para remoção e substituição das plantas aquáticas. Adicionalmente ao aprimoramento da qualidade da água, as *Wetlands* contribuem para a redução do escoamento superficial e dos picos de vazão de chuva. A FIGURA 25 apresenta um exemplo de *Wetlands* linear implantado em um estacionamento (BUTLER et al., 2017).

FIGURA 25 – WETLAND LINEAR



FONTE: WOODS-BALLARD (2015).

Segundo Tomaz (2009), existem basicamente quatro tipos de *Wetlands* construídas de superfície livre:

- *Wetlands* rasa, com profundidades entre 0 m a 0,45 m, para bacias acima de 10 ha;
- *Wetlands* com detenção estendida, possuindo 3 áreas distintas, com profundidades rasa, média e profunda, com a vantagem de possibilitar o aumento do nível de água com retorno ao nível normal em 24 horas, aplicadas para bacias com área mínima de 10 ha;
- *Wetlands* funda, com a área profunda maior de maneira a se diminuir o espaço necessário para implantação, sendo aplicadas em bacias áreas maiores que 10 ha; e
- *Mini-wetlands* com seus volumes escavados abaixo do nível do lençol freático, de maneira a se garantir um volume permanente abastecido por água subterrânea. São aplicadas em bacias com área maior que 4 ha.

Com relação à qualidade da água, Houle et al. (2013) apresentam as eficiências na melhoria de qualidade de água para duas *Wetlands*, sendo uma com leito de pedras e outra sem esse leito. Na primeira as eficiências médias alcançadas na remoção de SST, NT e PT, foram, respectivamente, de 96%, 58% e 75%, já para a segunda, alcançaram-se eficiências de 60% para os SST, 0% para o PT e 33% para o NT. Charlesworth et al. (2016), apresentam eficiências mínimas e máximas, respectivamente para os SST e NT, de 70% e 95%, e 30% e 50%. Para a matéria orgânica, DBO, Scholes et al. (1999) citam eficiências médias de 24% e 29% quando avaliadas duas *Wetlands* em separado.

Cabe observar, como citado por Dotro et al. (2017), que a remoção dos nutrientes N e P está intrinsicamente ligado ao manejo da vegetação das *Wetlands* construídas, onde é necessária a substituição das plantas, haja visto que qualquer nutriente adsorvido pela planta poderá ser liberado novamente no líquido por ocasião da decomposição da mesma.

4.5.5.3 Características das Águas Pluviais

A qualidade da água de chuva está intimamente relacionada com o local de ocorrência da precipitação, existência e tipologia de fontes de poluição do ar, clima da região e ocupação da área (GIRI e QIU, 2016).

Butler et al. (2017) citam que os poluentes contidos na água de chuva são uma mistura de componentes naturais orgânicos e inorgânicos, além da possível contribuição de substâncias antropogênicas, derivadas principalmente de práticas comerciais, industriais e do transporte. O caminho natural observado, até o sistema de drenagem, é a lavagem do ar e a lavagem e erosão de superfícies urbanas, em muitos casos de maneira concomitante. Os autores citam que, considerando certos parâmetros, a água de chuva pode ser tão poluída quanto os esgotos, possuindo uma grande variabilidade em suas características, dependendo, como já citado, do local, fonte de poluição, ocupação da área e clima e, dessa maneira, muito cuidado deve ser tomado ao se adotarem valores típicos ou padrões para caracterizar as águas da chuva.

Nesse contexto Tomaz (2005) discretiza a qualidade da água em quatro etapas, antes de alcançar o solo, após escorrer pelo telhado, dentro de reservatórios e no ponto de utilização, sendo as duas primeiras referentes à água “in natura” e as duas últimas relacionadas ao uso das águas pluviais.

No intuito de demonstrar a grande variabilidade da água de chuva foi realizada uma revisão da literatura de vários documentos, com foco nos parâmetros de DBO, ST, SST, N-NO₃, N-NH₄, NT e PT, a qual é sumarizada, por fonte de pesquisa, na TABELA 15.

Especificamente Gobel et al. (2007) apresentam valores, mínimos e máximos de 0,2 mg/L e 52 mg/L para os SST, 1 mg/L e 2 mg/L para a DBO, 0,1 mg/L e 2 mg/L para a NH₄, 0,0 mg/L e 7,4 mg/L para o NO₃ e 0,01 mg/L e 0,19 mg/L para o PT, coletando água diretamente da chuva, sem escoamento por superfície. Hagemann e Gastaldini (2016), em pesquisa realizada para Santa Maria no Rio Grande do Sul, citam valores, mínimos e máximos, de 2 mg/L e 14 mg/L, 0,44 e 1,86 mg/L, 0,30 mg/L e 0,96 mg/L e 0,00 mg/L e 0,64 mg/L, respectivamente para a DBO, NH₄, NO₃ e PO₄, todos também levantados a partir da coleta direta de água de chuva.

TABELA 15 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA POR AUTORES

PARÂMETROS	DBO		ST		SST		N-NO ₃		N-NH ₄		NT		PT	
FONTE	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
PITT e BURTON (2001) apud APWA (1969) ¹⁷	3,0	7700,0	30,0	8000,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PITT e BURTON (2001) apud EPA (1983) ¹⁸	7,8	10,0	-	-	69,0	101,0	0,54	0,74	-	-	0,96	1,90	0,121	0,383
TAEBI e DROSTE (2004)	-	-	230,0	3177,0	43,0	467,0	-	-	-	-	1,22	22,38	0,064	0,790
METSARANTA et al. (2005)	-	-	-	-	36,0	4397,0	-	-	-	-	1,41	23,60	0,086	3,779
GOBEL et al. (2007) (*)	1,0	36,0	-	-	0,2	937,0	0,00	7,40	0,10	6,20	-	-	0,010	0,500
BALLO et al. (2009)	-	-	-	-	-	-	0,62	0,14	1,09	2,38	-	-	0,410	1,300
LUO et al. (2009)	28,8	280,5	-	-	207,5	1986,0	-	-	-	-	2,05	8,38	0,030	12,910
MOREIRA (2010) (**)	-	-	-	-	388,0	548,0	-	-	-	-	-	-	-	-
ZGHEIB et al. (2012)	-	-	11,0	430,0	-	-	-	-	-	-	2,00	16,00	0,300	3,520
ZGHEIB et al. (2012)	-	-	120,0	500,0	-	-	-	-	-	-	6,90	18,40	1,210	3,700
ZGHEIB et al. (2012) apud LEE and BANG (2000) ¹⁹	-	-	12,9	874,0	-	-	-	-	-	-	6,60	23,10	2,400	13,700
ZGHEIB et al. (2012) apud NSQD (2004)	-	-	58,0	58,0	-	-	-	-	-	-	1,40	1,40	0,270	0,270
DOS SANTOS e GASTALDINI (2016)	38,0	298,0	123,0	278,0	3,0	45,0	0,00	3,20	-	-	-	-	-	-
HAGEMANN e GASTALDINI (2016)	2,0	10,0	18,0	232,0	5,0	155,0	0,24	1,07	0,27	3,70	-	-	0,100	0,800
SANDOVAL et al. (2017)	10,6	32,5	36,0	201,7	36	125,3	-	-	-	-	1,27	5,21	0,040	0,520

FONTE: AUTOR.

NOTA: * Valores médios de concentração; ** Diferenças nos parâmetros de qualidade de água coletadas do rio antes e após a chuva

As águas de escoamento superficial carregam a poluição das superfícies por onde escoam. Pagotto et al. (2000), para a cidade de Nantes na França, apresentam valores médios, respectivamente para o asfalto convencional e poroso, valores médios de 46 mg/L e 8,7 mg/L para os SST, 80 mg/L e 80 mg/L para a DQO e 2,1 mg/L e 1,2 mg/L para o NTK. Sandoval et al. (2017) citam valores mínimos e máximos, para as águas escoando sobre pavimento asfáltico convencional, de 10,63 mg/L e 32,50 mg/L, 36,00 mg/L e 201,67 mg/L, 36,00 mg/L e 125,33 mg/L, 1,27 mg/L

¹⁷ American Public Works Association (APWA). **Water Pollution Aspects of Urban Runoff**. Water Pollution Control Research Series WP-20-15, Federal Water Pollution Control Administration. January 1969.

¹⁸ U.S. Environmental Protection Agency (EPA). **Results of the Nationwide Urban Runoff Program**. Water Planning Division, PB 84-185552, Washington, D.C. December 1983.

¹⁹ Lee, J.H.; Bang, K.W.. Characterization of urban stormwater runoff. In: **Water Research** 34, 1773e1780, 2000.

e 5,21 mg/L e 0,04 mg/L e 0,52 mg/L, respectivamente para a DBO, ST, SST, NT e PT, na região de Passo Fundo no Rio Grande do Sul.

No caso de qualidade da água das chuvas após o escoamento em telhados, a TABELA 16 apresenta algumas fontes pesquisadas e as localidades onde os trabalhos foram realizados, enquanto a FIGURA 26 mostra os valores dos parâmetros encontrados nas referidas pesquisas.

TABELA 16 – FONTES DE TRABALHOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA ESCOANDO EM TELHADOS DA FIGURA 26

FONTE (*)	MATERIAL DE TELHADOS (**)	LOCALIDADE
Ballo et al. (2009)	C2/C3/CO1/CO2	CHINA
Lee et al. (2017)	AG1	VIETNAM
Lee, Bak e Han (2012)	M1/C1/CO3/AG2	KOREA
Thomas e Greene (1983)	CO4/AG3	AUSTRÁLIA
Teixeira et al. (2017)	CO5	BRASIL
Uba e Agnogo (2000)	AL1/Z1/FB1/P1	NIGÉRIA
Gobel, Dierkes e Coldewey (2007)	FB2/Z2/AL2/CB1	DIVERSOS
Mendez et al. (2011)	AL3/CO6/FV1/AC1	ESTADOS UNIDOS

FONTE: AUTOR.

NOTA: * Parâmetros e valores apresentados na FIGURA 26; ** Ver FIGURA 26 para significado das siglas

Como pôde ser observado a variabilidade dos parâmetros da água de chuva é imensa, dependendo de vários fatores, como localidade, clima, superfície, usos da área, entre outros, fazendo com que a modelagem de carga de poluentes seja complexa. Nesse contexto, Akan e Houghtalen (2003), apresentam modelos para estimativa dessa carga, quer seja para sua distribuição no tempo ou para a média de carga de poluentes no ano. Para o último, cita-se o modelo idealizado por Heaney et al. (1977)²⁰ desenvolvido para a Agência Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos relacionado a áreas com sistemas únicos de drenagem ou sem qualquer sistema de drenagem, o qual é representado pela equação 21.

²⁰ Heaney, J. F.; Huber, W. C.; Sheikh, H.; Medina, M. A.; Doyle, J. R.; Peltz, W. A.; Darling, J. E. **Nationwide Evaluation of Combined Sewer Overflows and Urban Stormwater Discharges, Vol. II, Cost Assessment and Impacts**. Rep. EPA-600/2-77-064, Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1977.

FIGURA 26 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA ESCOANDO EM TELHADOS

PARÂMETROS	MADEIRA	CERÂMICO	CONCRETO		AÇO GALVANIZADO (*)		ALUMÍNIO			ZINCO		FIBRO-CIMENTO		FIBRA DE VIDRO	ACRÍLICO	COBRE
	M1	C1	CO3	CO6	AG1	AG2	AL1	AL2	AL3 (****)	Z1	Z2	FB1	FB2 (***)	FV1	AC1	CB1
SST (mg/L)	213,900	219,300	309,000	138,000	-	285,800	-	43,000	220,000	-	43,000	-	43,000	94,000	200,000	43,000
SDT (mg/L)	-	-	-	-	48,600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,400	12,000	-	0,500	12,000	0,200	12,000	-	-	12,000
DQO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	66,000	-	-	66,000	-	66,000	-	-	66,000
Amônia (mg/L) (**)	-	-	-	-	0,330	-	0,010	3,390	-	0,020	3,390	0,010	3,390	-	-	3,390
Nitrato (mg/L)	-	-	-	0,110	0,230	-	0,020	-	0,410	0,050	-	0,030	-	0,130	0,150	-
Nitrato (mg/L)	3,300	1,890	2,550	3,400	0,960	2,800	6,200	2,780	2,500	5,610	2,780	5,880	2,780	5,200	2,300	2,780
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	0,220	-	-	0,220	-	0,220	-	-	0,220
Fosfato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,067	-	-	0,082	-	0,056	-	-	-	-
CT (NMP/100 mL)	1,31E+02	7,60E+01	1,97E+02	1,40E+03	2,70E+02	7,00E+01	3,00E+01	-	7,00E+02	3,00E+00	-	4,00E+00	-	2,10E+03	2,20E+03	-
E. Coli (CFU/100 mL)	1,40E+01	8,00E+00	1,80E+01	1,30E+01	8,00E+00	4,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CF (NMP/100 mL)	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	-	1,10E+01	0,00E+00	-	0,00E+00	-	1,10E+02	3,20E+01	-

(*) - Considerado Aço e Ferro Galvanizado o mesmo;
(**) - Amoniacal ou forma iônica
(***) - Agrupado Telhas, telhas de concreto, fibro-cimento, betume, vidro SEM/COM zinco, boca de lobo e condutor vertical da Fonte
(****) - Assumido Alumínio e Zinco como Alumínio, mas na Fonte original é Alumínio e Zinco
AC - Acrílico; AG - Aço ou Ferro Galvanizado; AL - Alumínio; C - Cerâmico; CO - Concreto; FB - Fibro-cimento; FV - Fibra de Vidro; M - Madeira

FONTE: AUTOR.

NOTA: Ver TABELA 16 para referências

$$M_s = \alpha \cdot P \cdot f \cdot s \quad (\text{Eq. 21})$$

Onde:

M_s – Carga de poluentes gerada por ano (lb/acre.ano)

α – Fator de carga do poluente

P – Precipitação anual em polegadas por ano (pol/ano)

f – Função da densidade populacional

s – Fator de varrição das ruas

O valor de fator de carga do poluente (α) depende do poluente e do uso da área, sendo os valores sugeridos aqueles apresentados na TABELA 17.

TABELA 17 – FATOR DE CARGA DE POLUENTE (α) PARA REDES DE DRENAGEM

Uso da área	Poluente				
	DBO	SST	SSV	PO ₄	N
Residencial	0,799	16,3	9,4	0,0336	0,131
Comercial	3,200	22,2	14,0	0,0757	0,296
Industrial	1,210	29,1	14,3	0,0705	0,277
Outros	0,113	2,7	2,6	0,0099	0,060

FONTE: HEANEY et al. (1977) apud AKAN e HOUGHTALEN (2003).

NOTA: Observar que esses parâmetros são para áreas com sistema separador absoluto

A função densidade populacional (f) depende do uso da área avaliada, sendo os valores como apresentado na TABELA 18.

TABELA 18 – VALORES (f) DE ACORDO COM O USO DAS ÁREAS

Uso	Função densidade populacional
Residencial (*)	$f = 0,142 + 0,218D^{0,54}$
Comercial	1,000
Industrial	1,000
Outros (**)	0,142

FONTE: Adaptado de HEANEY et al. (1977) apud AKAN e HOUGHTALEN (2003).

NOTA: * D – Densidade populacional (pessoas/acre); ** Outras áreas como parques, cemitérios e escolas

O fator de varrição de ruas (s) depende do intervalo de dias em que ocorre a varrição na localidade, sendo igual a 1 se o intervalo for superior a 20 dias ou igual ao número de dias dividido por 20, se o intervalo for menor que 20 dias.

4.5.5.4 Custos de alternativas SUDS

Com relação aos custos das alternativas de SUDS, Woods-Ballard, et al. (2007) apresentam um indicativo de custos de implantação, reproduzidas na TABELA 19, operação e manutenção, apresentados na TABELA 20. Observa-se que os autores salientam a variabilidade desses custos, sendo os valores apresentados indicativos variáveis, influenciados por fatores como tipo de solo, vulnerabilidade à água subterrânea, custos de materiais e mão de obra da localidade, entre outros.

TABELA 19 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS SUDS – REINO UNIDO

Alternativa	Custo (£)		Unidade
	Mínimo	Máximo	
Vala de Filtração	100	140	/m³ por volume de armazenado
Vala de Infiltração	55	65	/m³ por volume de armazenado
Sumidouro	100	-	/m³ por volume de armazenado
Pavimento Permeável	30	40	/m² de superfície permeável
Lagoa de Infiltração	10	15	/m³ por volume de detenção
Lagoa de Detenção	15	20	/m³ por volume de detenção
Wetland	25	30	/m³ por volume tratado
Lagoa de Retenção	15	25	/m³ por volume tratado
Canais de Infiltração com vegetação (SWALES)	10	15	/m² por área de canal
Tiras de Filtração	2	4	/m² por área de tiras de filtro

FONTE: Adaptado de HR Wallingford (2004)²¹ apud Woods-Ballard, et al. (2007).

NOTA: Custos em Libra esterlina com ano base de 2004.

TABELA 20 – CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS SUDS – REINO UNIDO

Alternativa	Custo (£)		Unidade
	Mínimo	Máximo	
Vala de Filtração	0,2	1,0	/m² por área de superfície
Vala de Infiltração	0,2	1,0	/m² por área de superfície
Sumidouro	0,1	0,1	/m² por área de superfície de tratamento
Pavimento Permeável	0,5	1,0	/m³ de volume reservado
Lagoa de Infiltração	0,1	0,3	/m² por área de superfície
Lagoa de Detenção	0,1	0,3	/m² por área de superfície
Wetland	0,1	0,1	/m² por área de superfície
Lagoa de Retenção	0,5	1,5	/m² por área de superfície
Canais de Infiltração com vegetação (SWALES)	0,1	0,1	/m² por área de superfície
Tiras de Filtração	0,1	0,1	/m² por área de superfície

FONTE: Adaptado de HR Wallingford (2004)¹⁸ apud Woods-Ballard, et al. (2007).

NOTA: Custos em Libra esterlina com ano base de 2004.

Liu Y. et al (2015), citando vários autores, apresentam os custos de implantação de sistemas SUDS, relativizados pela área drenada da alternativa os quais são reproduzidos na TABELA 21.

²¹ HR Wallingford. The Operation and Maintenance of Sustainable Drainage Systems (and Associated Costs) (SR 626), UK, 2004.

TABELA 21 – CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS SUDS

Alternativa	Custo de implantação (U\$/m² de área drenada)	Custo anual de manutenção (% do custo de implantação)
Lagoa de Retenção	1,22	4
Lagoa de Detenção	1,41	4
Wetland construído	1,55	4
Reservatório	8,59	1
Pátio permeável	121,68	1
Telhado Verde	168,34	6
Canais de Infiltração com vegetação (SWALES)	0,90	6
Tiras de Filtração	0,34	3
Wetland em canal	0,90	6
Birretenção	15,12	6
Pavimento poroso	59,20	1

FONTE: Adaptado de Liu, et al. (2015).

NOTA: Custos em Dólar americano com ano base de 2014.

4.6 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUA “IN NATURA”

A água “in natura” apresenta, segundo os aspectos qualitativos, características físicas, químicas e biológicas específicas. Essas características irão definir o grau de pureza dessas fontes. Em termos físicos, os parâmetros que representam essas características são basicamente os sólidos contidos no corpo hídrico, os quais são classificados em Sólidos Totais (ST), Suspensos (SST) e Dissolvidos (SDT) ou coloidais, segundo seu tamanho. Quimicamente esses mesmos sólidos podem ser subdivididos em orgânicos e inorgânicos, denominados, respectivamente, voláteis e fixos. As características biológicas são relacionadas aos organismos, vivos ou mortos, presentes na água, que podem ser de origem animal ou vegetal, incluindo o reino protista (VON SPERLING, 1996).

Observando essas características a qualidade da água, de uma maneira mais abrangente, pode ser separada em dois grandes grupos. No primeiro tem-se a qualidade da água como a mesma se apresenta, em função dos usos e ocupações do solo na bacia hidrográfica, a chamada qualidade da água existente. O segundo grupo refere-se à tipologia dos usos a que se destina, ou seja, a qualidade desejável para essa água (VON SPERLING, 2007).

O sistema de tratamento de efluentes deve ser definido segundo a eficiência necessária de tratamento, segundo parâmetros físicos, químicos e biológicos. A eficiência do tratamento deverá ser aquela necessária para não alterar a Classe do corpo receptor, cujos parâmetros são estabelecidos na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº357 (BRASIL, 2005), e também a atender

os parâmetros de lançamento de efluentes estabelecidos na resolução CONAMA nº430 (BRASIL, 2011a).

O CONAMA nº357 define as Classes dos corpos hídricos, segundo os parâmetros limites de suas águas, de acordo com o grau de salinidade em doces (salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), salobras (salinidade entre 0,5‰ e 30‰) e salinas (salinidade igual ou superior a 30‰). Outra classificação apresentada é com relação à movimentação, sendo os ambientes de água com movimento lento ou estagnadas chamadas de ambientes lênticos, enquanto os ambientes em que ocorre o movimento das águas, como rios, é denominado lótico. Finalmente, de acordo com sua qualidade e ao uso a que se destinam, as águas são classificadas como Classe especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4. A classificação quanto à qualidade e seus usos é apresentada no QUADRO 12, para as águas doces de interesse do presente trabalho (BRASIL, 2005).

QUADRO 12 – CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOCES E USO A QUE SE DESTINAM

Salinidade	Classe	Usos
Doce	Especial	Abastecimento para consumo humano, com tratamento por desinfecção Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
	I	Abastecimento para consumo humano, com tratamento simplificado Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas Recreação de contato primário, atendendo também à Resolução CONAMA nº274 Irrigação de hortaliças e frutas, que se desenvolvem próximas ao solo, consumidas cruas Proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas
	II	Abastecimento para consumo humano, com tratamento convencional Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário, atendendo também à Resolução CONAMA nº274 Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, onde possa haver contato direto Aquicultura e atividade de pesca
	III	Abastecimento para consumo humano, com tratamento convencional ou avançado Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras Pesca amadora Recreação de contato secundário Dessedentação de animais
	IV	Navegação Harmonia paisagística

FONTE: Adaptado de BRASIL (2005).

4.7 SISTEMAS DE SUPORTE A DECISÃO (SSD)

4.7.1 Introdução ao SSD

Arnott e Pervan (2005) apresentam os Sistemas de Suporte a Decisão (SSD) como uma disciplina derivada dos Sistemas de Informação (SI), que tem como objetivo auxiliar e os tomadores de decisão em diversas áreas do gerenciamento. Ainda, segundo os autores, o termo SSD apareceu em 1971 no trabalho *A Framework for Management Information Systems* dos autores Anthony Gorry e Michael S. Scott Morton, publicada na revista acadêmica *Sloan Management Review* do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, mas o campo de estudo teria aparecido com o trabalho de Doutorado de Michael Scott Morton *Using a computer to support decision-making of a manager*, em 1965.

Gupta, Forgionne e Mora (2007) também definem os SSD como uma derivação dos SI que, em um processo de tomada de decisão, auxiliam os agentes envolvidos, podendo esses agentes serem um indivíduo, um grupo de agentes ou outros usuários.

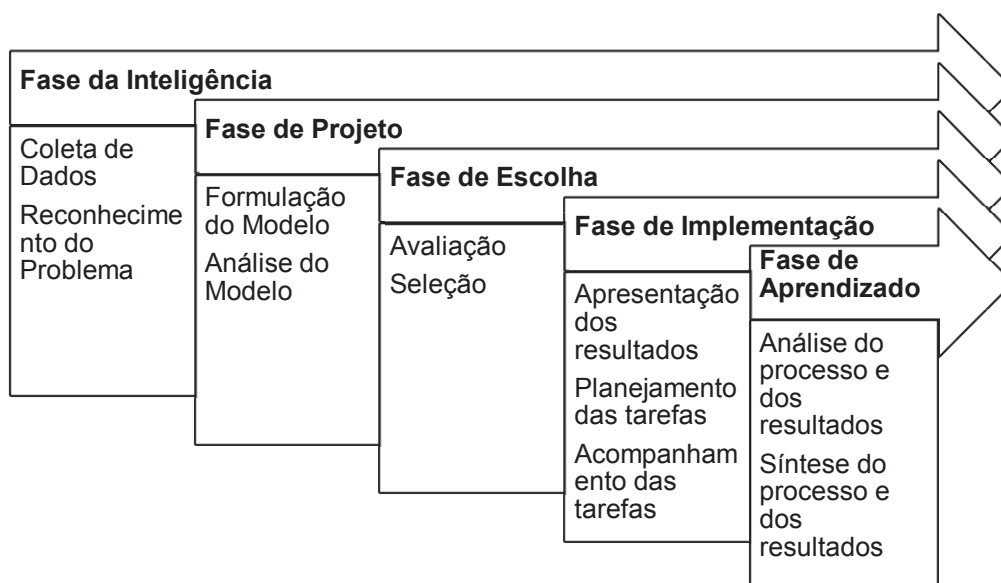
O processo decisório é uma atividade complexa envolvendo um ou um grupo de agentes que necessitam, diante de um problema ou objetivo, encontrar alternativas resolução ou alcançar o objetivo, através de uma avaliação de alternativas e escolha da melhor alternativa para alcançar o objetivo final. Esse processo é considerado complexo e iterativo, em que as fases podem se sobrepor e os usuários podem retornar a uma fase anterior (SIMON²², 1997 apud GUPTA; FORGIONNE; MORA, 2007).

Segundo os autores a tomada de decisão pode ser dividido em fases e etapas, as quais são apresentadas na FIGURA 27. Já Berzeman e Moore (2015) apresentam a divisão do processo decisório em seis etapas, mostradas na FIGURA 28.

Observa-se que o processo de decisão, como dito anteriormente, é complexo e, assim, no caso de situações simples ou complexas em que a qualidade da decisão é extremamente importante, a utilização de técnicas e procedimentos que auxiliem os agentes decisores a encontrar a solução mais adequada.

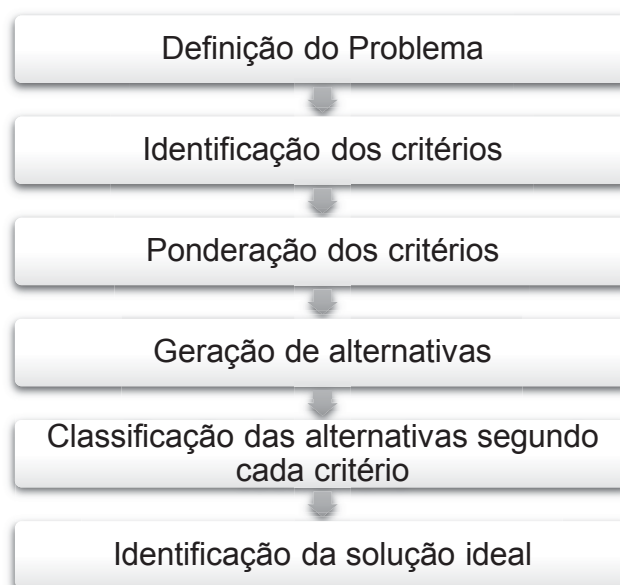
²² SIMON, H. **Administrative Behavior**. 4. ed. (Original publication date 1945). New York: The Free Press, 1997.

FIGURA 27 – FASES E ETAPAS DO PROCESSO DE DECISÃO



FONTE: Adaptado de GUPTA; FORGIONNE; MORA (2007).

FIGURA 28 – ETAPAS DO PROCESSO DECISÓRIO



FONTE: Adaptado de BERZEMAN (2015).

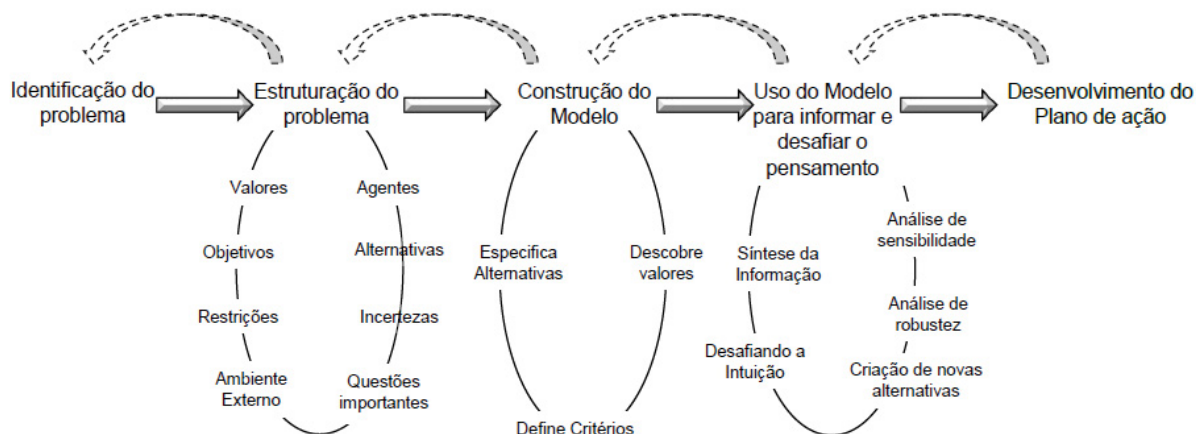
Na análise de um problema, após sua definição adequada, caso apareçam diferentes considerações e escolhas, o mesmo pode ser classificado como um problema de análise multicritério de decisão (AMD), onde vários critérios, conflitantes entre si, devem ser considerados. Em geral todas as decisões que devem ser tomadas levam em conta critérios, sejam eles conscientes ou inconscientes. A AMD tem como um dos objetivos auxiliar os agentes envolvidos em organizar as

informações, sintetizando-as, de maneira a possibilitar uma avaliação mais clara e concisa do problema, minimizando, ou mesmo eliminando, a possibilidade de uma rejeição da escolha tomada (BELTON; STEWART, 2002).

Para Mysiak (2010) um problema de decisão se caracteriza quando em um sistema, quando comparado o desempenho almejado com o real, existe uma divergência. Nessa situação o agente decisor depara-se com incertezas quanto a escolha de ações disponíveis a serem implantadas. Nesse sentido Howard (1998) cita que a análise de decisão oferece ao agente tomador de decisão a possibilidade de substituir as incertezas por clareza na procura de ações a serem adotadas.

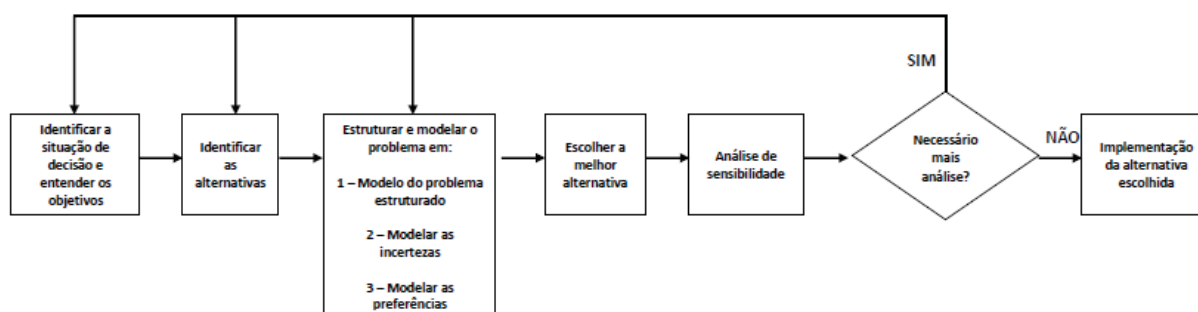
Belton e Stewart (2002) salientam que a AMD não irá eliminar a subjetividade de uma decisão. A mesma se caracteriza por integrar medidas objetivas com a escolha a ser realizada, além de explicitar e possibilitar o gerenciamento da subjetividade. Essa subjetividade está presente em todas as decisões, em maior ou menor grau, principalmente na escolha dos critérios que serão utilizados para avaliar as alternativas, bem como o grau de importância (pesos) desses critérios. Ainda segundo os autores o processo de AMD se caracteriza por ser um processo iterativo, basicamente dividido em fases, onde os agentes envolvidos “caminham” por essas, ora avançando ora recuando, até que estejam satisfeitos que os critérios, pesos, alternativas, modelo construído e plano de ação estabelecidos, atendam suas necessidades. Nesse contexto o processo de AMD pode ser apresentado como na FIGURA 29 (BELTON; STEWART, 2002) ou, de maneira mais simplificada, como na FIGURA 30 (CLEMEN e REILLY, 2013).

FIGURA 29 – PROCESSO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE DECISÃO



FONTE: Adaptado de BELTON; STEWART (2002).

FIGURA 30 – PROCESSO DE ANÁLISE DE DECISÃO



FONTE: Adaptado de CLEMEN; REILLY (2013).

Os processos de AMD e de análise de decisão mostrados são genéricos, e tentam apresentar todas as fases inerentes das diversas abordagens existentes no campo da AMD, ou seja, todas as ferramentas de AMD tem em comum a necessidade de definição de um problema, reconhecer alternativas de solução para serem avaliadas, determinar critérios ou objetivos que servirão de orientação nessa avaliação e definição do grau de importância que esses critérios ou objetivos possuem na análise. A diferença existente entre as várias metodologias encontra-se na maneira de como os dados são apurados, especificados e sintetizados (BELTON; STEWART, 2002).

Ishizaka e Nemery (2013) definem a AMD como uma disciplina que engloba várias áreas do conhecimento, como a matemática, gerenciamento, informática, psicologia, ciências sociais e economia. A metodologia deverá auxiliar nas decisões a serem tomadas, sendo os problemas categorizados por tipologia da decisão a ser tomada, horizonte de planejamento, inovação, grau de estruturação e nível de automação requerido, como apresentado no QUADRO 13.

QUADRO 13 – CATEGORIAS DOS PROBLEMAS DE DECISÃO

Decisão	Horizonte de planejamento	Inovação	Grau de Estruturação	Automação
Estratégica	Longo	Novo	Baixo	Baixo
Tática	Médio	Adaptação	Semiestruturado	Médio
Operacional	Curto	Contínuo	Bem definido	Alto

FONTE: ISHIZAKA; NEMERY (2013).

Roy (1981)²³, Keeney (1992)²⁴ e Bana e Costa (1996)²⁵, citados por Ishizaka e Kemery (2013), apresentam seis tipologias de decisões a serem tomadas:

- Escolha: determinar, dentre várias alternativas, a melhor opção ou limitar o grupo de opções;
- Separação: separar as várias alternativas em grupos, chamados de categorias;
- Classificação: ordenar as alternativas do melhor para o pior, utilizando pontuação ou comparação em pares das alternativas;
- Descrição: descrever as alternativas e suas implicações;
- Eliminação: semelhante à tipologia de escolha, mas nesse caso para eliminar uma alternativa; e
- Planejamento: preocupa-se em criar ou reconhecer alternativas que satisfaçam o agente decisor.

Os métodos de AMD podem ser classificados em três grandes áreas. A primeira procura estabelecer o grau em que uma alternativa é preferível à outra, fazendo uso da construção de escalas numéricas, são os chamados modelos de Medição de Valor. O segundo grupo de métodos procura estabelecer níveis de satisfação ou desejáveis para cada critério procurando, então, as alternativas que atenderão ou ficaram próximas de atender os níveis estabelecidos, são os chamados modelos de objetivo, aspiração ou nível de referência. A terceira e última área, procura classificar as alternativas, comparando-as entre si, primeiramente para cada critério e, com essa informação, estabelecer a hierarquização das alternativas através da evidência em que uma é preferível à outra na avaliação global, são os chamados modelos de classificação (BELTON; STEWART, 2002).

Hajkowicz e Collins (2007) citam, em seu trabalho, que as maiores técnicas de AMD podem ser classificadas em seis categorias: funções de valor multi-critério, abordagem de classificação, métodos da distância do ponto ideal, comparação em pares, análise de conjuntos difusos e métodos adaptados.

²³ ROY, B. The optimization problem formulation: Criticism and overstepping. **Journal of the Operational Research Society**, v. 32, n. 6, p. 427-436, 1981.

²⁴ KEENEY, R. **Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making**. Cambridge, MA: Havard University Press, 1992.

²⁵ BANA e COSTA, C. Les problématiques de l'aide à la décision: Vers l'enrichissement de trilogie choix-tri-rangement. **RAIRO – Operations Research**, v. 30, n. 2, p. 191-216, 1996

Mysiak (2010) apresenta duas vertentes da AMD. Na primeira a análise é realizada sobre os atributos das alternativas, as quais, normalmente, são limitadas em número, e é a chamada Tomada de Decisão Multiatributo. A segunda vertente se caracteriza com um conjunto de alternativas quase indeterminado, onde, através da análise dos objetivos a serem alcançados, a aplicação metodológica resulta em um conjunto de alternativas de decisão, essa técnica é chamada Tomada de Decisão Multiobjetivo.

4.7.2 Métodos de análise multicritério

A luz da classificação citada por Ishizaka e Kemery (2013), as metodologias mais populares de AMD, correlacionadas com os problemas de decisão a que se aplicam, reproduzidas no QUADRO 14.

Além desses métodos, citam-se os apresentados por Hajkowicz e Collins (2007) no QUADRO 15, separados por categorias de metodologia. Os autores, nesse trabalho, fizeram uma revisão e crítica dos diversos métodos de AMD utilizados para o planejamento e gerenciamento de fontes de água em 113 trabalhos científicos. Constataram que, do universo pesquisado, a metodologia do conjunto difuso foi a mais aplicada ao tema, seguido da Programação de Compromisso, dos métodos da família ELECTRE (I, II, III, IV e TRI) e do Processo de Hierarquia Analítica (AHP). Não obstante, todas os trabalhos pesquisados eram relacionados com o suprimento de água, mesmo aqueles sobre o gerenciamento da bacia, os quais tinham o enfoque na água de abastecimento, como pode ser observado no GRÁFICO 5.

QUADRO 14 – PROBLEMAS DE DECISÃO E METODOLOGIAS DE AMD

Problemas de Escolha	Problemas de Separação	Problemas de Classificação	Problemas de Descrição
AHP ANP MAUT/UTA MACBETH PROMETHEE ELECTRE I TOPSIS Goal programming DEA	AHPSort UTADIS FlowSort ELECTRE-Tri	AHP ANP MAUT/UTA MACBETH PROMETHEE ELECTRE III TOPSIS DEA	GAIA, FS-Gaia

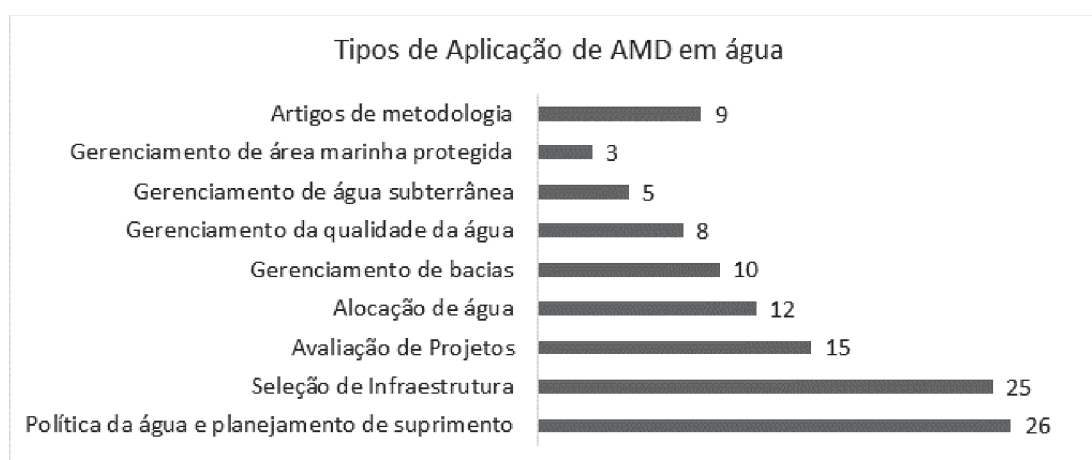
FONTE: Adaptado de ISHIZAKA; NEMERY (2013).

QUADRO 15 – METODOLOGIAS DE AMD POR CATEGORIA

CATEGORIA AMD	MÉTODOS DE AMD
Análise dos conjuntos difusos	Análise dos conjuntos difusos
Distância do ponto ideal	Programação de Compromisso (CP)
Comparação em pares	Processo de Hierarquia Analítica (AHP)
Métodos de Classificação	ELECTRE I, II, III, IV e TRI
Métodos de Classificação	PROMETHEE I, II, V
Função de valor multicritério	Teoria da utilidade multiatributo (MAUT)
Distância do ponto ideal e método de classificação	Análise do Multicritério Q (MCQA I, II e III)
Distância do ponto ideal	EXPROM
Comparação em pares	MACBETH
Somatória/Multiplicação dos pesos	Somatório dos Pesos
Distância do ponto ideal	TOPSIS

FONTE: Adaptado de HAJKOWICZ; COLLINS (2007).

GRÁFICO 5 – APLICAÇÃO DE AMD EM ÁGUA PARA ABASTECIMENTO



FONTE: Adaptado de HAJKOWICZ; COLLINS (2007).

O estudo mostrou que as principais razões pela escolha da AMD foram a transparência e responsabilidade no processo de decisão, no sentido que, se necessário, é possível identificar claramente as razões das escolhas realizadas, a necessidade de se avaliar diferentes perspectivas, como por exemplo na solução de conflitos, a natureza estruturada do processo de AMD, possibilidade de participação de múltiplos agentes (*stakeholders*) no processo e a robustez e lógica das metodologias. Outra informação relevante do trabalho foi a apresentação dos critérios utilizados pelas pesquisas revisadas para a avaliação das alternativas e consequente escolha. O QUADRO 16 apresenta os principais critérios utilizados.

QUADRO 16 – PRINCIPAIS CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS NO GERENCIAMENTO DE FONTES DE ÁGUA

CRITÉRIOS
Custo e Valor Presente Líquido
Economia (crescimento, geração de empregos, receita, produtividade)
Viabilidade Técnica
Biodiversidade e proteção a vida selvagem
Melhora na qualidade da água
Suprimento e quantidade de água
Justiça e equidade
Segurança e confiança na fonte de água
Viabilidade política e legal
Suprimento de energia
Saúde humana

FONTE: Adaptado de HAJKOWICZ; COLLINS (2007).

Considerando a classificação de Mysiak (2010), já apresentada (p. 127), tem-se o modelo de ponderação aditiva (“simple additive weighting”) citado em Giove et al. (2009) ou denominado de modelo de pontuação (“*scoring model*”) em Taylor III (2016). O modelo é muito similar ao AHP, porém a sua simplicidade matemática faz com que seja um dos mais populares métodos de agregação utilizado. Basicamente, resume-se no estabelecimento de pontuações de alternativas, sobre critérios pré-estabelecidos, fornecendo o grau de satisfação da alternativa sob o critério avaliado. Observa-se ainda a adoção de um peso assumido para cada critério, de maneira a identificar a relativa importância de cada um deles. A formulação matemática do modelo é apresentada na equação 22.

$$S_i = \sum g_{ij} \cdot w_j \quad (\text{Eq. 22})$$

Onde:

S_i – Pontuação total da alternativa i

g_{ij} – Grau de estabelecido para indicar o quanto a alternativa i se satisfaz o critério j

w_j – Peso estabelecido, entre 0 e 1, para o critério j, de maneira a identificar sua relativa importância

4.7.3 Análise econômica de projetos

Segundo Belli et al. (1998) a análise econômica de um projeto tem o objetivo de auxiliar os agentes tomadores de decisão na seleção de um projeto ou ações a

serem tomadas, na maximização de benefícios para um país. Em termos de uso temporal da ferramenta, os autores expressam a maior utilidade da análise no início do projeto, onde são identificadas as fraquezas do mesmo como um todo ou em suas etapas.

Bordman, et al. (2011), apresentam, mais especificamente para a Análise Custo Benefício (ACB), mas que abrange a temporalidade de qualquer avaliação, três classificações de análises. A primeira, denominada “*Ex ante*”, onde procura-se avaliar os projetos antes do início ou implementação do mesmo. Na sequência, já com o projeto implementado, pode-se utilizar a “*in media res*.”, com o objetivo de se determinar a continuidade ou não de um projeto, e, finalizada implementação do projeto, com o objetivo de aprendizado dos agentes envolvidos, utiliza-se a avaliação “*Ex post*”, onde se determina a validade de aplicação de um projeto para outras realidades similares.

Comparando-se a análise financeira com a análise econômica, observa-se a principal diferença onde a primeira é baseada nos custos, avaliando os ganhos financeiros de um projeto, enquanto a segunda avança na avaliação, buscando mensurar os ganhos sociais e ambientais com a implementação do mesmo (BELLI, et al., 1998).

Em termos práticos a análise econômica procura principalmente auxiliar na resposta aos seguintes questionamentos:

- Quem é o responsável pelo projeto, setor público, privado ou os dois?
- Qual o impacto fiscal do projeto?
- O balanço financeiro é alcançado?
- Qual o impacto ambiental e social do projeto?

Hutton et al. (2007), citando Drummond et al. (1997)²⁶, apresentam que a ACB deve avaliar se os benefícios alcançados por uma determinada ação irão superar os custos de implantação dessa mesma ação e as taxas de retorno de um possível investimento dos recursos. O trabalho apresenta os possíveis ganhos econômicos devido ao atendimento ao objetivo de desenvolvimento do Milênio (MDG) número 7, relacionado ao acesso à água, e o acesso a um esgotamento sanitário adequado. A metodologia apresentada salienta a necessidade de uma análise de sensibilidade,

²⁶ Drummond, M. F., O'Brien, B., Stoddart, G. L. & Torrance, G. W. Methods for the Economic Evaluation of Health Care Programmes. In: **Oxford University Press**, UK, 1997.

devido à falta de informações de parâmetros cruciais na análise econômica. Nessa análise é avaliado um cenário de atendimento mínimo e máximo para cada parâmetro sem informação precisa. O estudo também apresenta, sob as condições assumidas, uma economia mínima de U\$ 5 dólares para cada dólar investido no acesso a água e esgotamento sanitário para a população.

Atualizando o trabalho anteriormente citado, em Hutton (2013), especificamente com relação ao esgotamento sanitário, foram avaliados os benefícios na área de saúde com a diminuição dos casos de diarreia, doenças causadas por helmintos, como a esquistossomose, ascaridíase, entre outras, além do impacto na qualidade de vida dos indivíduos. Os custos considerados foram com assistência médica, perda de produtividade e mortalidade. A partir de sua avaliação, o autor apresenta que, globalmente, pode-se obter um ganho de U\$ 5,5 dólares para cada dólar investido só no esgotamento sanitário, U\$ 2 dólares para cada dólar investido na distribuição de água potável e U\$ 4,3 dólares quando combinadas as duas ações. Em termos regionais, quando analisado o esgotamento sanitário, a Ásia Oriental apresentou o maior ganho, resultando em U\$ 8 dólares para cada dólar investido e a mínima relação observada foi de U\$ 2,8 dólares na África Subsaariana. No grupo da América Latina e Caribe, o qual inclui o Brasil, foi observada a potencialidade de um ganho de U\$ 7,3 dólares para cada dólar investido no esgotamento sanitário. Observa-se que outros possíveis benefícios, citados pelo autor, não foram considerados, como uso do lodo gerado e seus nutrientes na agricultura, geração de energia pelo biogás, melhora na educação pela minimização de evasão escolar devido às doenças, melhoria da água bruta para captação e consequente economia em seu tratamento.

Hutton et al. (2014) apresentam um trabalho de avaliação realizado para 6 países do sudeste asiático. Os autores conseguem demonstrar que uma análise econômica, baseada em custos e benefícios da implantação de sistemas de esgotamento sanitário, como latrinas, tanques sépticos, entre outras alternativas, indica a viabilidade de implantação destas soluções, o que pode não ocorrer quando realizada apenas uma análise financeira.

Cardona et al. (2018), realizaram uma análise econômica para avaliar a viabilidade de se tratar esgotos e lodo para pequenas áreas rurais urbanizadas, normalmente esquecidas pelos órgãos municipais. Nesse estudo os pesquisadores avaliaram, para uma comunidade na bacia hidrográfica do rio Dois Rios, no Rio de

Janeiro, os benefícios associados com o reuso de água e de lodo na agricultura, economia com multas originadas pelo lançamento de carga de DBO e economia nos custos de transporte, tratamento e disposição do lodo gerado na estação de tratamento de esgotos. Ainda, segundo os autores, os resultados demonstram que existe um potencial de recuperação dos custos de operação e manutenção dos sistemas de tratamento, para todos os cenários avaliados, variando de uma recuperação de 12% no cenário C5, com uma prevista de 222 habitantes em 2037 a 34% no cenário C1, com uma população prevista de 1585 habitantes, para o mesmo ano. Assim, o estudo demonstrou uma forte relação entre os benefícios econômicos obtidos e número de habitantes beneficiados, em função, principalmente, do volume de água para reuso e quantidade de biossólidos gerados para uso na agricultura.

Segundo a OECD (2011) os benefícios trazidos pela provisão de água potável e acesso ao esgotamento sanitário adequados, para a população, ultrapassam os custos inerentes dos sistemas. O estudo cita que o desenvolvimento econômico, a integridade dos ecossistemas e da vida humana, são dependentes de uma fonte de água confiável e adequada. O QUADRO 17 apresenta, de forma resumida, os investimentos e os possíveis benefícios alcançados com o fornecimento de água adequada, coleta, transporte e tratamento dos esgotos, e o gerenciamento adequado das bacias hidrográficas.

Cabe observar que os benefícios alcançados por um fornecimento água potável e esgotamento sanitário não são totalmente escrutinados, sendo essas informações normalmente escondidas em documentos técnicos da área, e a informação não chegando aos tomadores de decisão, principalmente àqueles ligados a gestão financeira e econômica dos estados. Essa falta de informação gera uma diminuição na prioridade política para as questões relacionadas ao fornecimento de água potável e medidas de saneamento (OECD, 2011).

Em termos de metodologias de avaliação econômica várias propostas foram desenvolvidas, destacando-se as metodologias da União Europeia (UN, 2003), Banco Mundial (*World Bank*) (BELLI et al., 1998), Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Organização para a Cooperação e do Desenvolvimento Econômico (OCDE), entre outros.

QUADRO 17 – TIPOLOGIA DE INVESTIMENTOS E BENEFÍCIOS PELA PROVISÃO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO ADEQUADOS

INVESTIMENTOS	BENEFÍCIOS
Acesso à água segura e esgotamento sanitário adequado	
Acesso a água potável próximo ou na residência <ul style="list-style-type: none"> • Implantação de locais de acesso à água • Implantação e ampliação de redes de distribuição de água e coleta de esgotos • Implantação e operação de Estações de Tratamento de Esgotos • Provisão de formas de tratamento de água nos pontos de uso 	Benefícios à Saúde <ul style="list-style-type: none"> • Redução de incidência de doenças de veiculação hídrica
Acesso ao saneamento e higiene <ul style="list-style-type: none"> • Implantação de instalações de saneamento e higiene • Educação para a adoção de medidas de higiene 	Benefícios econômicos <ul style="list-style-type: none"> • Aumento do tempo despendido em atividades produtivas • Aumento da produtividade • Redução dos custos de enfrentamento de enfermidades (<i>coping costs</i>) • Uso econômico dos resíduos como urina e fezes • Impacto no turismo pela melhoria da qualidade do ambiente
Coleta e transporte de esgotos <ul style="list-style-type: none"> • Coleta de esgotos através de rede coletora • Coleta e transporte e destinação adequada de lodo de residências 	Outros Benefícios <ul style="list-style-type: none"> • Aumento da limpeza, dignidade e orgulho • Aumento da participação escolar
Investimento em tratamento de esgotos para disposição adequada e reuso	
Tratamento de esgotos <ul style="list-style-type: none"> • Implantação e operação de Estações de Tratamento de Esgotos • Confiança em processos de tratamento naturais • Disposição segura dos resíduos sólidos do tratamento de esgotos (lodo) 	Benefícios à Saúde <ul style="list-style-type: none"> • Benefícios adicionais, como aqueles relacionados à melhoria de qualidade de água para a recreação
	Benefícios econômicos <ul style="list-style-type: none"> • Redução dos custos de tratamento de água tanto potável quanto para indústria • Proteção da indústria pesqueira • Melhoria da atividade de turismo • Melhoria da água para irrigação • Uso do lodo na agricultura
	Benefícios ambientais <ul style="list-style-type: none"> • Redução da eutrofização
	Outros Benefícios <ul style="list-style-type: none"> • Melhoria do lazer • Aumento do valor econômico de propriedades
Investimento no gerenciamento para o balanço sustentável entre oferta e demanda de água	
Proteção de recursos de água <ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento de zonas de proteção de bacias hídricas • Estabelecimento de acordos voluntários • Estabelecimento de regulações 	<ul style="list-style-type: none"> • Benefícios econômicos Redução nos custos de tratamento de água • Garantia de suprimento para os processos industriais • Redução dos custos de enfrentamento (<i>coping costs</i>) para melhoria de qualidade de água de fontes não confiáveis • Diminuição do tamanho das instalações • Redução da necessidade de instalações para dessalinização de água
Aumento e garantia de suprimento de água <ul style="list-style-type: none"> • Aumento da capacidade de reservação • Aumento da capacidade de captação de água • Desenvolvimento de fontes alternativas, como recarga de aquíferos, dessalinização e reuso de efluente tratado • Adoção de planos de gerenciamento de enchentes 	Benefícios ambientais <ul style="list-style-type: none"> • Redução da pressão sobre fontes existentes e melhoria do escoamento em rios • Impacto econômico no sobre o uso da água por atividades econômicas (agricultura, geração de energia)
Gerenciamento da demanda <ul style="list-style-type: none"> • Redução de perdas no sistema de abastecimento de água • Introdução de política de incentivos • Instalação de equipamentos economizadores de água • Programas de educação da população 	Outros Benefícios <ul style="list-style-type: none"> • Melhoria da qualidade de vida devido à existência de uma fonte de água confiável • Benefícios indiretos: atividades recreacionais em barragens ou reservatórios

FONTE: Adaptado de OECD (2011).

O Banco Mundial determina que, onde é possível a monetarização dos benefícios alcançados pelas alternativas avaliadas, é recomendado o uso ACB e onde

essa monetarização não é possível deve-se optar pelo uso da Análise Custo Efetividade (ACE) (IEG, 2010).

Brasil (2004) também cita a dificuldade técnica na realização da ACB em função da dificuldade da monetarização dos benefícios alcançados por uma determinada ação. Nesse sentido, ainda segundo os autores, a ACE se apresenta como uma ferramenta de aplicação poderosa para a avaliação econômica de alternativas sanitárias.

Considerando a análise comparativa entre duas alternativas, sendo uma alternativa de menor custo e maior efetividade que a outra, a análise se torna simples e clara, onde essa alternativa será a preferível. Caso os custos e efetividades sejam iguais, pode-se analisar a relação custo/efetividade de cada alternativa, sendo a preferível a de menor relação (DYE et al., 1993).

Finalmente, considerando que uma alternativa possa ter o maior custo, mas também a maior efetividade, a alternativa preferível não fica clara com a análise simplificada. Nesse caso avalia-se o custo incremental pela adoção da alternativa de maior custo e efetividade, com relação à outra, cabendo ao agente decisor avaliar se esse incremento no custo compensa o aumento do benefício resultante da ação tomada.

Em função da variabilidade de alguns parâmetros assumidos, como taxa de desconto utilizada e benefício estimado pela ação adotada, deve-se realizar uma análise de sensibilidade da avaliação realizada, variando esses parâmetros acima e abaixo do valor assumido, e refazendo a análise, de maneira a se verificar a sensibilidade do estudo (DYE et al., 1993).

5 MATERIAIS, MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO

A reconhecida necessidade de se atender a população de pequenos municípios com um saneamento adequado, e até mesmo regiões de grandes municípios, citado por Pilgrim et al. (2007), mais especificamente focados nos sistemas de drenagem e de esgotamento sanitário, foi o que desencadeou o desenvolvimento da presente pesquisa, como apresentado nas justificativas do trabalho.

Como apresentado nos objetivos da presente pesquisa, ao final do trabalho pretende-se apresentar uma ferramenta de auxílio à decisão destinada aos agentes envolvidos (*stakeholders*) na definição de um Plano de Ação para atender às necessidades da população, no que concerne as águas pluviais e os esgotos sanitários gerados pela comunidade. Assim, primeiramente é realizada uma apresentação da ferramenta ora proposta, seguido de um detalhamento de todas as etapas para aplicação da mesma e pôr fim a ferramenta foi aplicada em um estudo de caso, de maneira a se avaliar a sua aplicabilidade.

5.1 APRESENTAÇÃO GERAL DA FERRAMENTA DE AUXÍLIO À DECISÃO

A aplicação da ferramenta de tomada de decisão se insere como uma ferramenta para auxiliar a definição e escolha de alternativas de soluções para o esgotamento sanitário e drenagem urbana, a qual poderá ser agregada como uma das etapas do Plano de Saneamento Básico de um município. Assume-se que as etapas precedentes, de coleta de informações e diagnóstico da situação do saneamento, estabelecidas para o Plano de Saneamento, como apresentado no Guia para a Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico, do Ministério das Cidades, já tenham sido realizadas (BRASIL, 2011b).

A metodologia sugerida para a avaliação de alternativas para o Sistema Separador Absoluto (SSA) quanto para o Sistema Único Alternativo (SUA), compreende as etapas previstas e apresentadas na FIGURA 31, com sua descrição resumida no QUADRO 18. Observa-se que as alternativas englobam tanto o Sistema Separador Absoluto (SSA) quanto o Sistema Único Alternativo (SUA).

FIGURA 31 – SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA SISTEMAS URBANOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM



FONTE: AUTOR.

QUADRO 18 – ETAPAS DO MÉTODO COMPUTACIONAL DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS

Identificação	Etapas	Descrição
1	Alternativas de sistemas de esgoto Sanitário e de sistemas de drenagem	Devem ser elencadas alternativas de transporte, número de polos de tratamento e tipo de tratamento para o sistema de esgotamento sanitário, sem preocupação com os aspectos técnicos
2	Pré-seleção das alternativas	Nesta etapa as alternativas são avaliadas a partir do modelo de pontuação (<i>“scoring model”</i>), havendo ao final a pré-seleção de alternativas
3	Preconcepção das alternativas (Hidráulica e processo)	As alternativas escolhidas na etapa anterior são pré-dimensionadas, para subsidiar as informações de avaliação das etapas subsequentes
4	Avaliação Técnica, Econômica e Ambiental das alternativas considerando os aspectos financeiros, ambientais e técnicos	As alternativas são avaliadas sob esses aspectos, resultando dessa os Indicadores financeiros, técnicos e ambientais de cada alternativa
5	Plano de Gestão	Elaboração do plano de gestão para implementação da ou das alternativas, considerando um plano de estagiamento e implementação, utilizando como base indicadores ambientais e sociais.

FONTE: AUTOR.

A primeira etapa compreende a elaboração de uma lista de alternativas a serem avaliadas para o atendimento e/ou ampliação da cobertura, para os sistemas.

A ideia é que os agentes envolvidos participem nessa etapa, apresentando alternativas, baseadas na realidade local, para a ampliação dos sistemas. Para tanto pode-se fazer uso de técnicas de dinâmica de grupos, como por exemplo *brainstorming*.

Mapeadas as alternativas a serem avaliadas, parte-se para a segunda etapa de avaliação a Pré-seleção de alternativas. Nessa etapa aplica-se o modelo de pontuação (*“scoring model”*), de maneira a se realizar uma seleção das alternativas a permanecerem no processo de avaliação.

As alternativas pré-selecionadas deverão ser pré-dimensionadas, de maneira a se determinar os parâmetros para a avaliação econômica das mesmas. Subtende-se aqui, além da análise financeira, englobando custos de implantação, operação e manutenção das alternativas, deverão ser levantados os ganhos econômicos ambientais, como impacto da remoção de poluentes no corpo receptor, ganhos econômicos sociais, como diminuição de custos com saúde, quer seja por morte ou doenças, possibilitando, assim, uma avaliação econômica completa de cada alternativa para comparação.

Uma vez levantados os parâmetros de cada alternativa, procede-se, então, à avaliação econômica, técnica e ambiental onde as alternativas são comparadas com os resultados encontrados na etapa anterior. Considerando que todas as alternativas buscam um alto grau de atendimento da população, a análise social servirá como base para a sugestão de implementação dos sistemas.

Finalmente, determinada a alternativa ou hierarquia das alternativas avaliadas, segue-se o Plano de Gestão para implementação dos sistemas no município, baseados em indicadores ambientais e sociais. Por exemplo, a determinação do local da área urbana em que a diminuição da poluição tem mais impacto.

5.2 DETALHAMENTO DAS ETAPAS DA FERRAMENTA DE AUXÍLIO À DECISÃO

5.2.1 Lista de alternativas

O objetivo nessa etapa é o de elencar alternativas para os sistemas de coleta e tratamento de esgotos e de drenagem. Essa escolha compreenderá o sistema convencional (SSA) e o sistema alternativo (SUA).

Como citado anteriormente, a lista de alternativas a serem avaliadas deve ser elaborada pelos agentes envolvidos no processo.

A escolha dos agentes envolvidos depende da forma de gestão dos sistemas de saneamento do município, como citado no item 4.4, de maneira direta, contratada ou através de autorização.

Adicionalmente deve-se considerar os agentes responsáveis pelo gerenciamento dos Recursos Hídricos no país. Esses de acordo com as atribuições definidas na Lei nº9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, no capítulo VI, que estabelece as competências das esferas Federais, Estaduais e Municipais.

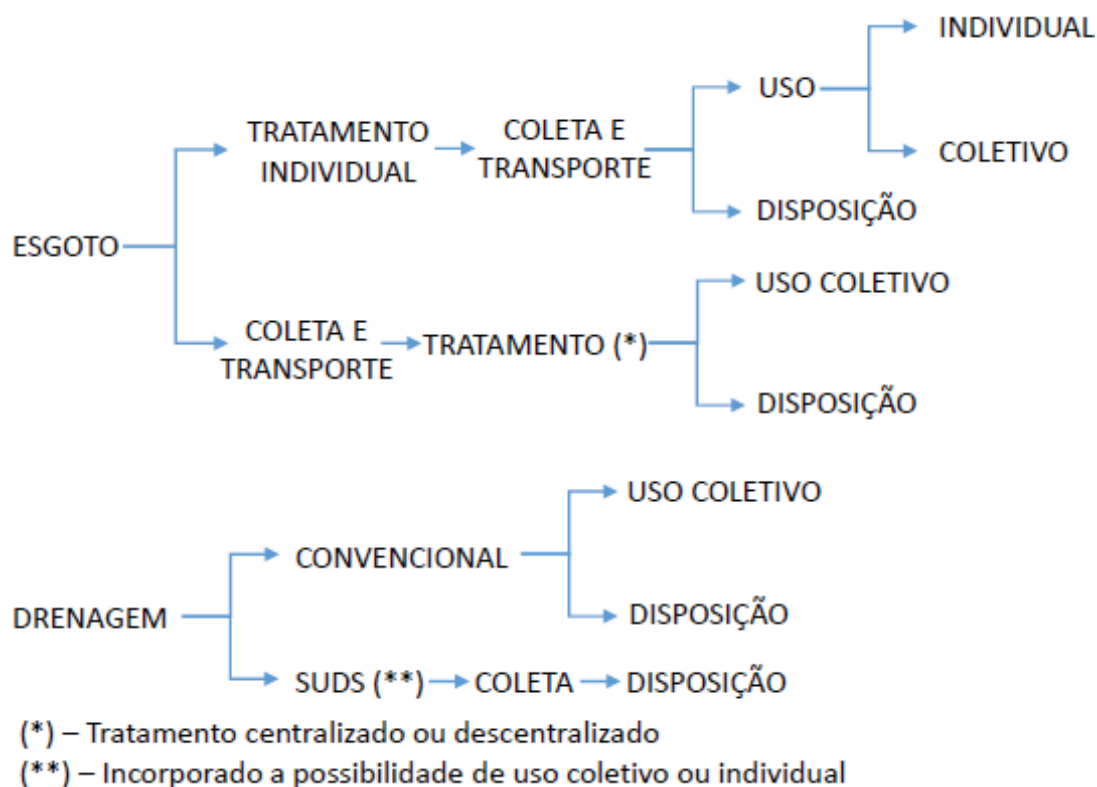
Finalmente, um ponto relevante é o envolvimento da comunidade diretamente beneficiada pela implementação dos sistemas a serem escolhidos.

O seu envolvimento pode ser agregado durante a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) (BRASIL, 2007), onde são obtidas informações relevantes ao setor, adicionando, por exemplo, questões como o nível de aceitabilidade no uso de lodo de estações de tratamento de esgotos, localização das estações, de forma mais generalista, aceitabilidade do uso de sistemas combinados alternativos, como o proposto no presente trabalho.

De maneira a embasar o usuário do sistema apresentam-se dois fluxogramas e uma lista de alternativas, contendo 29 alternativas, para que sejam avaliadas através de um modelo de pontuação (*“scoring model”*). A FIGURA 32 e FIGURA 33 apresentam em nível macro, respectivamente para o SSA e o SUA, os fluxogramas sugeridos, enquanto a QUADRO 19 descreve as alternativas possíveis apresentadas nos fluxogramas. Observa-se que o objetivo dos fluxogramas e da lista é de orientação e não limitante, no sentido de que se os agentes decisores encontrarem outras concepções, essas poderão ser agregadas ao processo.

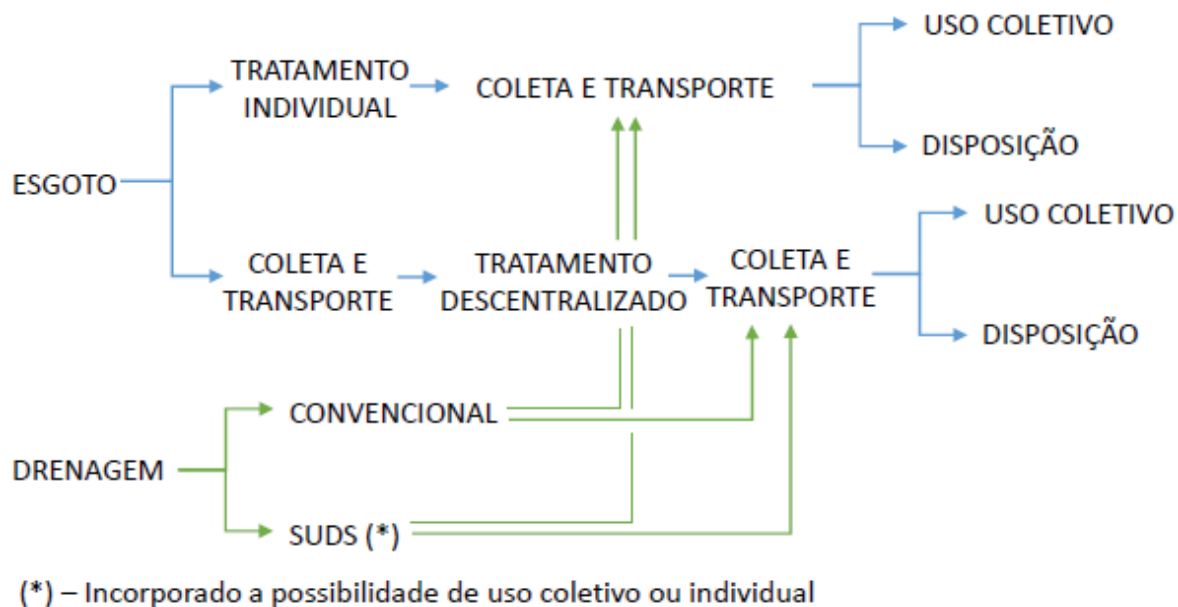
Ainda, essa etapa presume que a alternativa “não fazer nada”, mantendo o *“status quo”*, já foi descartada, quer seja por razões financeiras, como as consequências de uma enchente, questões ambientais, como poluição de um corpo receptor e sociais, como a melhora na saúde dos habitantes beneficiados com a implementação da ação.

FIGURA 32 – ALTERNATIVAS DO SSA



FONTE: AUTOR.

FIGURA 33 – ALTERNATIVAS DO SUA



FONTE: AUTOR.

QUADRO 19 – ALTERNATIVAS DO SSA E DO SUA

SISTEMA	ID	ESGOTO	DRENAGEM
SEPARADOR ABSOLUTO (SSA)	01	Tratamento Individual, coleta, uso individual	Convencional e Uso coletivo
	02	Tratamento Individual, coleta, uso coletivo	Convencional e Uso coletivo
	03	Tratamento Individual, coleta, disposição	Convencional e Uso coletivo
	04	Coleta, tratamento centralizado e uso coletivo	Convencional e Uso coletivo
	05	Coleta, tratamento centralizado e disposição	Convencional e Uso coletivo
	06	Tratamento Individual, coleta, uso individual	Convencional e Disposição
	07	Tratamento Individual, coleta, uso coletivo	Convencional e Disposição
	08	Tratamento Individual, coleta, disposição	Convencional e Disposição
	09	Coleta, tratamento centralizado e uso coletivo	Convencional e Disposição
	10	Coleta, tratamento centralizado e disposição	Convencional e Disposição
	11	Coleta, tratamento centralizado e disposição	SUDS com coleta e Disposição
	12	Tratamento Individual, coleta, uso individual	SUDS com uso individual, coleta e Disposição
	13	Tratamento Individual, coleta, uso coletivo	SUDS com uso individual, coleta e Disposição
	14	Tratamento Individual, coleta, disposição	SUDS com uso individual, coleta e Disposição
	15	Coleta, tratamento centralizado e uso coletivo	SUDS com uso individual, coleta e Disposição
	16	Coleta, tratamento centralizado e disposição	SUDS com uso individual, coleta e Disposição
	17	Tratamento Individual, coleta, uso individual	SUDS com uso coletivo, coleta e Disposição
	18	Tratamento Individual, coleta, uso coletivo	SUDS com uso coletivo, coleta e Disposição
	19	Tratamento Individual, coleta, disposição	SUDS com uso coletivo, coleta e Disposição
	20	Coleta, tratamento centralizado e uso coletivo	SUDS com uso coletivo, coleta e Disposição
	21	Coleta, tratamento centralizado e disposição	SUDS com uso coletivo, coleta e Disposição
ÚNICO ALTERNATIVO (SUA)	22	Tratamento Individualizado e rede de coleta junto com drenagem e uso coletivo	Convencional, junto com esgoto tratado, uso coletivo
	23	Tratamento Individualizado e rede de coleta junto com drenagem e disposição	Convencional, junto com esgoto tratado e disposição
	24	Tratamento Individualizado e rede de coleta junto com drenagem e uso coletivo	SUDS, o que escoar superficialmente ou passa por uma alternativa de SUDS junta-se ao esgoto tratado em uma só rede e vai para uso coletivo
	25	Tratamento Individualizado e rede de coleta junto com drenagem e disposição	SUDS, o que escoar superficialmente ou passa por uma alternativa de SUDS junta-se ao esgoto tratado em uma só rede e vai disposição final
	26	Coleta e transporte até um tratamento descentralizado e após, junta-se à rede de drenagem para uso coletivo	Convencional, junto com esgoto tratado, uso coletivo
	27	Coleta e transporte até um tratamento descentralizado e após, junta-se à rede de drenagem para disposição	Convencional, junto com esgoto tratado e disposição
	28	Coleta e transporte até um tratamento descentralizado e após, junta-se à rede de drenagem para uso coletivo	SUDS, o que escoar superficialmente ou passa por uma alternativa de SUDS junta-se ao esgoto tratado em uma só rede e vai para uso coletivo
	29	Coleta e transporte até um tratamento descentralizado e após, junta-se à rede de drenagem para disposição	SUDS, o que escoar superficialmente ou passa por uma alternativa de SUDS junta-se ao esgoto tratado em uma só rede e vai disposição final

FONTE: AUTOR.

5.2.2 Pré-seleção de alternativas

As alternativas selecionadas na etapa anterior, devem ser avaliadas com um pouco mais detalhe, sugerindo-se a aplicação do modelo de pontuação, apresentado em Taylor III, e no presente no item 4.7.2, com o objetivo de se minimizar a quantidade de alternativas a avaliadas mais detalhadamente.

5.2.3 Pré-concepção das alternativas

O objetivo do pré-dimensionamento das alternativas é estimar os custos de implantação, operação e manutenção das alternativas elencadas.

Para redes coletoras, item mais oneroso dos sistemas, deverá ser realizado o lançamento preliminar e o pré-dimensionamento dessas redes, de maneira a se minimizar a discrepância entre o orçamento estimativo e o orçamento executivo de projeto.

No caso dos sistemas de tratamento e alternativas de SUDS será realizado o custo estimado a partir dos valores paramétricos, indicados na revisão bibliográfica.

5.2.3.1 Coleta de dados e informações

A coleta de dados e informações locais, não é apresentada como etapa da metodologia de avaliação, em função de ser imprescindível em qualquer sistema de gestão ou planejamento. Nesse sentido, em forma de orientação e não limitante, sugere-se a busca dos elementos constantes na norma da ABNT NBR 9648, sendo que muitas das informações nela sugerida, serão necessárias para o Sistema de Drenagem.

Com relação à população, dados atualizados do município, provenientes de órgãos públicos, incluindo nesse a própria Prefeitura Municipal, concessionárias de prestadoras de serviço, como de fornecimento de energia elétrica, telefonia, gás e água, além dos dados fornecidos pelo IBGE, devem ser utilizados de maneira a se embasar a estimativa populacional.

Adicionalmente, dados referentes aos possíveis corpos hídricos receptores, tanto dos efluentes de esgoto tratado quanto das águas pluviais, devem ser coletados, de maneira a subsidiar a escolha do corpo receptor ou corpos receptores a serem

avaliados e, por consequência, determinação da eficiência do sistema na remoção dos poluentes.

Assim, para o método computacional ora proposto, por se tratar de uma ferramenta de planejamento e gestão, sugere-se para esse estágio, uma análise simplificada, baseada apenas na vazão de diluição, considerando que, nas etapas subsequentes de projeto, com a ou as alternativas já definidas, deve-se impreterivelmente ser realizado um estudo de autodepuração completo do corpo receptor.

Nesse sentido, deve ser observada a metodologia de cálculo da vazão de diluição, especificada nas legislações Federal e Estadual, onde, a última esfera é mais restritiva. Por exemplo, no caso do Estado do Paraná, a vazão de diluição é determinada pela Portaria nº19 de 2007 da antiga SUDERSHA, atual Instituto Água e Terra, estabelece que para o cálculo da vazão de diluição, considera-se a vazão máxima horária efluente sem a vazão de infiltração (SUDERHSA, 2007).

Já no caso do estado do Mato Grosso, a resolução CEHIDRO nº27 de 2009, estabelece que a vazão de diluição deverá ser calculada considerando a vazão do efluente que contém o parâmetro analisado, possibilitando a interpretação que se deva utilizar apenas a vazão máxima do efluente tratado, desconsiderando a vazão de infiltração (MATO GROSSO, 2009).

Finalmente, na esfera Federal, a vazão de diluição calculada, segundo o Manual de Outorga da Agência Nacional de Águas (ANA), estabelece o uso da vazão de lançamento de efluente, possibilitando a interpretação da utilização da vazão total de lançamento de efluentes, ou seja, considerando a vazão de infiltração (ANA, 2013).

5.2.3.2 Estimativa de população de projeto

A estimativa populacional pode ser realizada por qualquer um dos métodos apresentados no item 4.5.4.1.1, dependendo dos dados disponíveis e da precisão que se deseje. O método do balanço demográfico, representado pela Equação 01 (p. 71), requer uma análise demográfica para a determinação de todos os parâmetros envolvidos, normalmente realizada por um profissional da área.

Já pelos métodos aritmético e geométrico, apresentados, respectivamente, nas equações 02 (p. 71) e 03 (p. 71), pode-se utilizar os dados censitários de organizações públicas ou privadas, como o IBGE, concessionárias de serviços,

companhias de água e esgoto, telefonia e gás, para se estimar as taxas de crescimento e aplica-las para a estimativa de população futura.

Na metodologia ora apresentada sugere-se a aplicação do método geométrico, porém, salienta-se que, o uso de outros métodos como o método do balanço demográfico, não devem ser excluídos no caso de se existirem os dados necessários e equipe para a utilização dos mesmos.

5.2.3.3 Redes coletoras

a) Redes Coletoras de Esgotos

As redes coletoras de esgoto deverão ser dimensionadas segundo as equações apresentadas no QUADRO 3 (p. 77), para atender aos critérios apresentados na TABELA 6, ambas extraídas das normas da ABNT NBR 9649 e NBR 14486.

Com relação às vazões de contribuição de esgotos, deve-se fazer uso dos dados locais de consumo de água, de maneira a se caracterizar o per capita de consumo e quanto desse consumo retorna em forma de esgoto. Os valores apresentados no item 4.5.4.1.2, podem servir como comparativos para uma avaliação dos valores calculados ou, em último caso, utilizados para o dimensionamento na falta de valores mais precisos.

A determinação precisa dos coeficientes de majoração de vazão, k_1 e k_2 , preferencialmente deve ser realizada a partir de dados históricos de monitoramento de produção e distribuição de água para a população, podendo, na falta desse monitoramento, serem utilizados os valores sugeridos no item 4.5.4.1.3, assim como o coeficiente de retorno.

O coeficiente de rugosidade das tubulações, para utilização da equação de Manning, deverá ser 0,010 para tubulações em PVC e 0,013 para demais materiais, como apresentado também no item 4.5.4.1.3.

Para o dimensionamento hidráulico da rede pode-se utilizar ferramenta computacional do mercado ou desenvolvimento de planilha de dimensionamento dos trechos. No presente trabalho foi utilizada planilha de dimensionamento, incluindo a estimativa de material de escavação e assentamento das mesmas, sendo a planilha e a descrição de cada coluna apresentada nos Apêndices 1 e 2.

Além do dimensionamento hidráulico, foi desenvolvida uma planilha, conectada à planilha de dimensionamento hidráulico, a qual quantifica por trecho as tubulações, volumes de areia e brita para assentamento e volumes de escavação e transporte de terra, para se determinar os custos da rede coletora. A planilha é apresentada, com a descrição das colunas, no Apêndice 3. O embasamento teórico para o desenvolvimento da planilha foi a norma da ABNT NBR 15645 (ABNT, 2008).

b) Redes de Drenagem

Como apresentado no item 4.5.5.1 (p. 87) no Brasil não existem normas nacionais para o dimensionamento dessas redes. Os projetos são baseados em manuais e planos diretores, tanto na esfera estadual quanto municipal, cujos parâmetros diferem uns dos outros (ver TABELA 8, p. 89) e são baseados em uma única velocidade mínima de verificação.

Assim, de maneira a se obter um dimensionamento mais adequado sugere-se a utilização da teoria de transporte de sedimentos, apresentada no item 4.5.5.1 (p. 87). A metodologia compreende o dimensionamento dos trechos de tubulações, através da equação de Manning (Eq. 7 do QUADRO 3, p. 77) e a verificação da velocidade mínima para transportar uma certa quantidade de partículas com um determinado diâmetro.

Para a verificação sugere-se que, quando o transporte de sedimentos ocorrer em suspensão, a velocidade mínima a ser atendida é aquela calculada pela metodologia de Macke (1982) e representada pela equação 11 (p. 90). No caso em que o transporte ocorre como descarga de fundo (*bedload*), sugere-se o uso do modelo apresentado por Ota e Nalluri (2003), calculada a partir da equação 15 (p. 93). A verificação da tipologia de transporte de sedimento ocorrendo é realizada através do cálculo do número de Rouse (Z) (Eq. 16, p. 94), sendo que, de maneira a simplificar a verificação, a favor da segurança, para Z menores que 1,2 o transporte ocorre totalmente em suspensão e para valores maiores ou iguais o transporte será como arraste de fundo.

Com relação à rugosidade da tubulação e dos sedimentos com a tubulação, duas abordagens são sugeridas. Na primeira, no caso do transporte de sedimentos totalmente em suspensão, utiliza-se apenas o valor composto da rugosidade (λ_c) enquanto na segunda, considerando o transporte dos sedimentos como arraste de

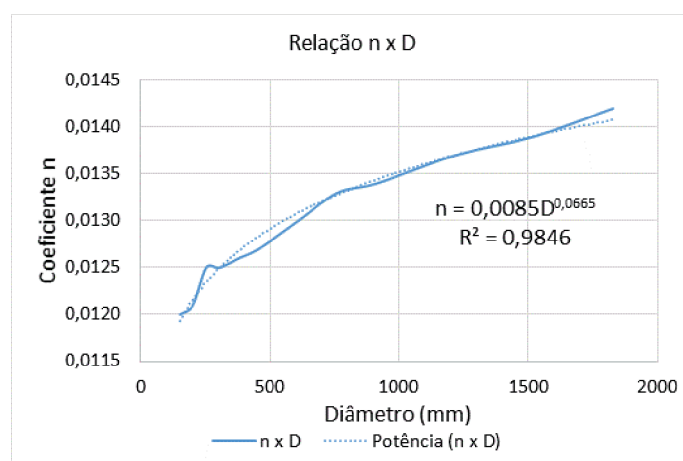
fundo, tem-se o valor composto da rugosidade (λ_c) e o fator de atrito do sedimento com a tubulação (k), sendo esse último de 0,3 mm para tubulações em PVC e 0,7 mm para os demais materiais.

O coeficiente de rugosidade (λ_c), no presente trabalho, foi normalizado a partir da equação 18 (p. 94), haja visto o uso comum da equação de Manning no dimensionamento hidráulico das tubulações.

Diferentemente do coeficiente de rugosidade de Manning assumido para as tubulações de esgotos, pré-estabelecidos em norma nacional, para as tubulações de drenagem, é proposto o uso da equação 23, obtida através de regressão não linear, do tipo potência, baseada nos dados da TABELA 10 (p. 95), para tubulações instaladas abaixo do padrão, também a favor da segurança, com o diâmetro informado em milímetros. O GRÁFICO 6 apresenta a curva construída com os dados, a linha de tendência da regressão, a equação e o coeficiente de determinação (R^2).

$$n = 0,0085D^{0,0665} \quad (\text{Eq. 23})$$

GRÁFICO 6 – RELAÇÃO $n \times D$ PARA TUBULAÇÕES EM CONDIÇÕES ABAIXO DOS PADRÕES DE INSTALAÇÃO



FONTE: AUTOR.

As vazões de dimensionamento, por se tratar de microdrenagem, deverão ser calculadas pelo método racional, apresentado no item 4.5.5.1 (p. 87). Observa-se, porém, a necessidade de verificação da limitação da área para a aplicação do método, como apresentado na TABELA 11 (p. 96). A discretização da bacia é uma alternativa

para atender o limite imposto pelo método, sugerindo-se aqui o valor de 3 km² para o limite máximo de aplicação do método.

Para a determinação dos materiais da rede coletora pode ser utilizada a mesma abordagem apresentada para a rede de esgotos e apresentada no Apêndice 3.

Finalmente, no caso do SUA, as tubulações de coleta de esgoto tratado seguirão a mesma abordagem assumida para as redes de drenagem, haja visto a diminuição significativa de sólidos suspensos desse efluente, como pode ser observado na FIGURA 12 (p. 85).

5.2.3.4 Tratamento

a) Tratamento de Esgotos

O pré-dimensionamento do tratamento de efluentes deve baseado nas eficiências das diversas tipologias de tratamento apresentadas na FIGURA 12 (p. 85) e na área requerida por habitante, apresentada na FIGURA 13 (p. 86).

Para tanto foi desenvolvida uma planilha na qual o usuário deverá informar os parâmetros quantitativos e qualitativos do efluente a ser tratado. A partir da vazão de diluição disponível, no ponto de lançamento pretendido no corpo hídrico, o usuário informa os parâmetros qualitativos do efluente tratado, sendo as eficiências requeridas calculadas automaticamente. A FIGURA 34 apresenta a planilha de informações a serem fornecidas.

Caso seja adicionado um pós-tratamento, àqueles já pré-existent, deve-se informar a eficiência esperada para os parâmetros de DBO, DQO, SST, Nitrogênio Amoniacal, NTK, fósforo e coliformes fecais. Finalmente, em termos de área, deve-se informar a área disponível para implantação da ETE. A FIGURA 35 apresenta o complemento de informações, eficiências adicionais e área disponível, a serem fornecidos.

A partir dos dados informados, a seleção de tratamentos passíveis de utilização, é realizada em duas etapas. Na primeira etapa são destacados aqueles tratamentos que atendem a eficiência requerida, através da comparação de dois índices, o Índice de Tratabilidade requerido (IT_r) e o Índice de Tratabilidade fornecido (IT_f). Os índices são calculados a partir de pesos e Eficiências de remoção dos parâmetros de DBO, SST, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total e Fósforo Total.

FIGURA 34 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – INFORMAÇÕES INICIAIS

1 - Caracterização do esgoto afluyente		
1.1 - Vazões de Contribuição		
Município	TESTE	
Ano de referência	2025	
População estimada	2500	habitantes
Porcentagem da população a ser atendida	90%	
População a ser atendida	2250	habitantes
per capita de consumo de água (q)	120	L/hab.dia
Coefficiente do dia de maior consumo (k1)	1,2	
Coefficiente da hora de maior consumo (k2)	1,5	
Coefficiente de retorno de esgoto (C)	0,8	
Taxa de Infiltração	0,05	L/s.km
Extensão de rede	50,00	km
Vazão de Infiltração	2,50	L/s
per capita de contribuição de esgotos (qe)	96	L/hab.dia
Contribuição singular (Qs)	25	L/s
Contribuição de esgotos população (Qp)	2,50	L/s
Contribuição sanitária média de esgotos (Qs)	30,00	L/s
Contribuição sanitária máxima de esgotos (Qsmáx)	32,00	L/s
1.2 - Parâmetros qualitativos do afluyente		
Concentração DBO ₅	300	mg/L
Concentração DQO	600	mg/L
Concentração de SST	300	mg/L
Concentração Nitrogênio Amoniacal	25	mg/L
Concentração Nitrogênio Orgânico	25	mg/L
Concentração N-NKT	50	mg/L
Concentração de P	2	mg/L
N.M.P de Coliformes Fecais	1,00E+03	CF/100mL
N.M.P de Coliformes Fecais	3,00	log10
Carga DBO ₅	777,60	kgDBO ₅ /dia
Carga DQO	1555,20	kgDQO/dia
Carga de SST	777,60	kgSST/dia
Carga Nitrogênio Amoniacal	64,80	kgNAmo/dia
Carga N-NKT	129,60	kgN-NTK/dia
Carga de P	5,18	kgP/dia
1.3 - Parâmetros qualitativos do efluente		
Concentração DBO ₅	20	mg/L
Concentração DQO	60	mg/L
Concentração de SST	30	mg/L
Concentração Nitrogênio Amoniacal	25	mg/L
Concentração Nitrogênio Orgânico	25	mg/L
Concentração N-NKT	50	mg/L
Concentração de P	2	mg/L
N.M.P de Coliformes Fecais	1,00E+03	CF/100mL
N.M.P de Coliformes Fecais	3,00	log10
Carga DBO ₅	51,84	kgDBO ₅ /dia
Carga DQO	155,52	kgDQO/dia
Carga de SST	77,76	kgSST/dia
Carga Nitrogênio Amoniacal	64,80	kgNAmo/dia
Carga N-NKT	129,60	kgN-NTK/dia
Carga de P	5,18	kgP/dia
1.4 - Eficiências de remoção requeridas		
DBO ₅	93%	
DQO	90%	
SST	90%	
Nitrogênio Amoniacal	0%	
N-NKT	0%	
P	0%	
N.M.P de Coliformes Fecais	0,00	redução log

FONTE: AUTOR.

NOTA: Os dados apresentados são meramente exemplificativos.

FIGURA 35 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – INFORMAÇÕES ADICIONAIS

1.5 - Eficiências de remoção adicionais por adição de tratamento complementar		
DBO ₅	0%	
DQO	0%	
SST	0%	
Nitrogênio Amoniacal	0%	
Nitrogênio Orgânico	0%	
N-NKT	0%	
P	0%	
N.M.P de Coliformes Fecais	0,00	redução log
2 - Área disponível para implantação da ETE		
Área total disponível	20000	m²
Área total disponível por habitante	8,00	m²/hab

FONTE: AUTOR.

NOTA: Os dados apresentados são meramente exemplificativos.

O ITr é calculado pelas equações 24 a 26 apresentadas a seguir.

$$\sum E_r = E_{DBOr} + E_{SSTr} + E_{Amônlar} + E_{N\ totalr} + E_{P\ totalr} \quad (\text{Eq. 24})$$

Onde:

$\sum E_r$ – Somatório das eficiências requeridas de tratamento

E_{DBOr} – Eficiência requerida de remoção de DBO

E_{SSTr} – Eficiência requerida de remoção de SST

$E_{Amônlar}$ – Eficiência requerida de remoção de Amônia

$E_{N\ totalr}$ – Eficiência requerida de remoção de N total

$E_{P\ totalr}$ – Eficiência requerida de remoção de P total

$$W_{rp} = \frac{E_{rp}}{\sum E_r} \quad (\text{Eq. 25})$$

Onde:

W_{rp} – Peso da eficiência requerida do parâmetro

E_{rp} – Eficiência requerida do parâmetro

$$\text{ITr} = \sum E_r \quad (\text{Eq. 26})$$

Onde:

ITr – Índice de Tratabilidade requerido

O ITf é calculado através das equações 27 e 28.

$$\sum E_{fg} = E_{DBOfg} + E_{SSTfg} + E_{Amôniafg} + E_{N totalfg} + E_{P totalfg} \quad (\text{Eq. 27})$$

Onde:

$\sum E_{fg}$ – Somatório das eficiências globais fornecidas pelo tratamento

E_{DBOfg} – Eficiência global fornecida de remoção de DBO

E_{SSTfg} – Eficiência global fornecida de remoção de SST

$E_{Amôniafg}$ – Eficiência global fornecida de remoção de Amônia

$E_{N totalfg}$ – Eficiência global fornecida de remoção de N total

$E_{P totalfg}$ – Eficiência global fornecida de remoção de P total

Para os pesos das eficiências fornecidas as seguintes relações são utilizadas.

Se $E_{fgp} \geq E_{rp} \therefore W_{fp} = W_{rp}$ ou

Se $E_{fgp} < E_{rp} \therefore W_{fp} = 0$

Onde:

$\sum W_{rp}$ – Somatório dos pesos dos parâmetros das eficiências requeridas

W_{fp} – Peso da eficiência fornecida do parâmetro

E_{fgp} – Eficiência global fornecida do parâmetro

$$ITf = \left(\sum W_{fp} \right)^4 \cdot \sum E_{fg} \quad (\text{Eq. 28})$$

Onde:

ITf – Índice de Tratabilidade fornecido

$\sum W_{fp}$ – Somatório dos pesos das eficiências fornecidas dos parâmetros

Observa-se que as eficiências globais fornecidas para os parâmetros de DBO, DQO, SST, Amônia, N e P, considerando algum tratamento adicional, são calculadas pela equação 29, limitando ao máximo de 99% essa eficiência. Para os coliformes fecais a eficiência em termos de remoção logarítmica é apenas adicionada.

$$E_{f_{g p}} = E_{f_{o p}} + (E_{f_{ad p}} \cdot (1 - E_{f_{o p}})) \quad (\text{Eq. 29})$$

Onde:

$E_{f_{o p}}$ – Eficiência original fornecida do parâmetro

$E_{f_{ad p}}$ – Eficiência adicional fornecida do parâmetro

Calculados o ITr e ITf compara-se os valores, que resultará em uma das seguintes relações.

Se $ITf < ITr \therefore$ *descartar o tratamento* ou

Se $ITf \geq ITr \therefore$ *manter o tratamento para a seguinte avaliação*

A FIGURA 36, FIGURA 37 e FIGURA 38 apresentam a planilha de escolha da alternativa de tratamento, segundo a eficiência requerida e fornecida, dividida em três figuras para visualização.

As linhas totalmente destacadas em verde indicam os tratamentos passíveis de utilização, devido ao atendimento à eficiência requerida, no caso exemplificado apenas 4 alternativas são mantidas para a avaliação posterior. Observa-se que as colunas de cálculo das eficiências e pesos, para a determinação dos índices de tratabilidade, permanecem “ocultas”, aqui apresentadas, na FIGURA 38, com o objetivo de informação.

Cabe salientar que as eficiências utilizadas como comparação são as eficiências máximas fornecidas, ou seja, a capacidade máxima possível de remoção de poluentes da alternativa de tratamento.

FIGURA 36 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – EFICIÊNCIAS
(continua)

SISTEMA	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO ADICIONAL DO TRATAMENTO							EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO ORIGINAL DO TRATAMENTO													
	DBO ₅ (%)	DQO (DQO) (%)	SST (SST) (%)	AMÔNIA (%)	N TOTAL (%)	P TOTAL (%)	COLIFORMES FECAIS (unidades Log)	DBO ₅ (DQO)		DQO (DQO)		SST (SST)		AMÔNIA		N TOTAL		P TOTAL		COLIFORMES FECAIS (unidades Log)	
								Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx		
TANQUE SÉPTICO DECANTADOR PRIMÁRIO DECANTADOR PRIMÁRIO QUIMICAMENTE ASSISTIDO LAGOA FACULTATIVA LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA LAGOA AERADA FACULTATIVA LAGOA AERADA + LAGOA DE SEDIMENTAÇÃO LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE MATURAÇÃO LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE ALTA TAXA LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + REMOÇÃO DE ALGA TRATAMENTO A BAIXA TAXA INFILTRAÇÃO RÁPIDA ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO WETLANDS CONSTRUIDAS TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBIO REATOR UASB UASB + LODOS ATIVADOS UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO UASB + FILTRO ANAERÓBIO UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO UASB + LAGOAS DE MATURAÇÃO UASB + LAGOAS FACULTATIVAS AERADAS UASB + LAGOAS AERADAS + LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO UASB + ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERAÇÃO EXTENDIDA LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCIÁRIA FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,00	30%	35%	25%	35%	55%	55%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	0	1
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,00	30%	35%	25%	35%	55%	55%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	0	1
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	45%	80%	55%	75%	60%	90%	0%	30%	0%	30%	75%	90%	1	1
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	75%	85%	65%	80%	70%	80%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	75%	85%	65%	80%	70%	80%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	75%	85%	65%	80%	70%	80%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	75%	85%	65%	80%	80%	87%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	80%	85%	70%	83%	73%	83%	50%	65%	50%	65%	0%	50%	3	5
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	80%	85%	70%	83%	73%	83%	65%	85%	75%	90%	50%	60%	3	4
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	85%	90%	75%	83%	90%	98%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	3	4
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	90%	99%	85%	95%	93%	98%	80%	90%	75%	90%	85%	90%	3	5
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	85%	98%	80%	93%	93%	98%	65%	90%	65%	90%	50%	90%	4	5
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	80%	90%	75%	85%	80%	93%	35%	65%	0%	65%	0%	35%	2	3
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	80%	90%	75%	85%	87%	93%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	3	4
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	80%	85%	70%	80%	80%	90%	0%	45%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	90%	98%	85%	95%	93%	98%	65%	90%	65%	90%	50%	90%	4	5
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	60%	75%	55%	70%	65%	80%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	83%	93%	75%	88%	87%	93%	50%	85%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	83%	93%	75%	88%	87%	93%	50%	85%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	75%	87%	70%	80%	80%	90%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	80%	93%	73%	88%	87%	93%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	83%	93%	83%	90%	90%	97%	0%	30%	0%	30%	75%	88%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	77%	87%	70%	83%	73%	83%	50%	65%	50%	65%	50%	90%	3	5
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	75%	85%	65%	80%	70%	80%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	75%	85%	65%	80%	80%	87%	0%	30%	0%	30%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	77%	90%	70%	85%	80%	93%	35%	65%	0%	65%	0%	35%	2	3
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	85%	93%	80%	90%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	90%	97%	83%	93%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	85%	93%	80%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	0%	35%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	85%	93%	80%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	75%	88%	1	2
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	93%	98%	90%	95%	93%	97%	80%	98%	0%	60%	50%	60%	3	5
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	85%	93%	80%	90%	87%	93%	65%	85%	0%	60%	0%	35%	1	2
0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	80%	90%	70%	87%	87%	93%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	1	2	
0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	88%	95%	83%	90%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	1	2	
0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	88%	95%	83%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	0%	35%	1	2	
0%	0%	0%	0%	0%	0%	3,00	88%	95%	83%	90%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	1	2	

FONTE: Adaptado de Von Sperling (2007).

FIGURA 37 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – EFICIÊNCIAS GLOBAIS (continua)

SISTEMA	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO GLOBAL DO TRATAMENTO												COLIFORMES FECAIS (unidades Log)	
	DBO ₅ (%)		DQO (%)		SST (%)		AMÔNIA (%)		N TOTAL (%)		P TOTAL (%)		Min	Máx
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx		
TANQUE SÉPTICO	30,00%	35,00%	25,00%	35,00%	55,00%	65,00%	0,00%	30,00%	0,00%	30,00%	0,00%	35,00%	0	1
DECANTADOR PRIMÁRIO	30,00%	35,00%	25,00%	35,00%	55,00%	65,00%	0,00%	30,00%	0,00%	30,00%	0,00%	35,00%	0	1
DECANTADOR PRIMÁRIO QUIMICAMENTE ASSISTIDO	45,00%	80,00%	55,00%	75,00%	60,00%	90,00%	0,00%	30,00%	0,00%	30,00%	0,00%	75,00%	3	3
LAGOA FACULTATIVA	75,00%	85,00%	65,00%	80,00%	70,00%	80,00%	0,00%	50,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA	75,00%	85,00%	65,00%	80,00%	70,00%	80,00%	0,00%	50,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
LAGOA AERADA FACULTATIVA	75,00%	85,00%	65,00%	80,00%	70,00%	80,00%	0,00%	30,00%	0,00%	30,00%	0,00%	35,00%	3	3
LAGOA AERADA + LAGOA DE SEDIMENTAÇÃO	75,00%	85,00%	65,00%	80,00%	80,00%	87,00%	0,00%	30,00%	0,00%	30,00%	0,00%	35,00%	3	3
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE MATURAÇÃO	80,00%	85,00%	70,00%	83,00%	73,00%	83,00%	50,00%	65,00%	50,00%	65,00%	0,00%	50,00%	3	3
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE ALTA TAXA	80,00%	85,00%	70,00%	83,00%	73,00%	83,00%	65,00%	85,00%	75,00%	90,00%	0,00%	60,00%	3	3
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + REMOÇÃO DE ALGA	85,00%	90,00%	75,00%	83,00%	90,00%	98,00%	0,00%	50,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
TRATAMENTO A BAIXA TAXA	90,00%	99,00%	85,00%	95,00%	93,00%	98,00%	80,00%	90,00%	75,00%	90,00%	85,00%	90,00%	3	3
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	85,00%	98,00%	93,00%	93,00%	93,00%	98,00%	65,00%	90,00%	65,00%	90,00%	50,00%	90,00%	3	3
ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	80,00%	90,00%	75,00%	85,00%	80,00%	93,00%	35,00%	65,00%	0,00%	65,00%	0,00%	35,00%	3	3
WETLANDS CONSTRUÍDAS	80,00%	90,00%	75,00%	85,00%	87,00%	93,00%	0,00%	50,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBIO	80,00%	85,00%	70,00%	80,00%	80,00%	90,00%	0,00%	45,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	90,00%	98,00%	85,00%	95,00%	93,00%	98,00%	65,00%	90,00%	65,00%	90,00%	50,00%	90,00%	3	3
REATOR UASB	60,00%	75,00%	55,00%	70,00%	65,00%	80,00%	0,00%	50,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
UASB + LODOS ATIVADOS	83,00%	93,00%	75,00%	88,00%	87,00%	93,00%	50,00%	85,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	83,00%	93,00%	75,00%	88,00%	87,00%	93,00%	50,00%	85,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
UASB + FILTRO ANAERÓBIO	75,00%	87,00%	70,00%	80,00%	80,00%	90,00%	0,00%	50,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	80,00%	93,00%	73,00%	88,00%	87,00%	93,00%	0,00%	50,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	83,00%	93,00%	83,00%	90,00%	90,00%	97,00%	0,00%	30,00%	0,00%	30,00%	75,00%	88,00%	3	3
UASB + LAGOAS DE MATURAÇÃO	77,00%	87,00%	70,00%	83,00%	73,00%	83,00%	50,00%	65,00%	50,00%	65,00%	50,00%	90,00%	3	3
UASB + LAGOAS FACULTATIVAS AERADAS	75,00%	85,00%	65,00%	80,00%	70,00%	80,00%	0,00%	30,00%	0,00%	30,00%	0,00%	35,00%	3	3
UASB + LAGOAS AERADAS + LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO	75,00%	85,00%	65,00%	80,00%	80,00%	87,00%	0,00%	30,00%	0,00%	30,00%	0,00%	35,00%	3	3
UASB + ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	77,00%	90,00%	70,00%	85,00%	80,00%	93,00%	35,00%	65,00%	0,00%	65,00%	0,00%	35,00%	3	3
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	85,00%	93,00%	80,00%	90,00%	87,00%	93,00%	80,00%	98,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA	90,00%	97,00%	83,00%	93,00%	87,00%	93,00%	80,00%	98,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERAÇÃO EXTENDIDA	90,00%	97,00%	83,00%	93,00%	87,00%	93,00%	80,00%	98,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	85,00%	93,00%	80,00%	90,00%	87,00%	93,00%	80,00%	98,00%	75,00%	90,00%	0,00%	35,00%	3	3
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N/P	85,00%	93,00%	80,00%	90,00%	87,00%	93,00%	80,00%	98,00%	75,00%	90,00%	0,00%	35,00%	3	3
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCIÁRIA	93,00%	98,00%	90,00%	95,00%	93,00%	97,00%	80,00%	98,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	85,00%	93,00%	80,00%	90,00%	87,00%	93,00%	65,00%	85,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	80,00%	90,00%	70,00%	87,00%	87,00%	93,00%	0,00%	50,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	88,00%	95,00%	83,00%	90,00%	87,00%	93,00%	80,00%	98,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	88,00%	95,00%	83,00%	90,00%	87,00%	93,00%	80,00%	98,00%	75,00%	90,00%	0,00%	35,00%	3	3
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	88,00%	95,00%	83,00%	90,00%	87,00%	93,00%	65,00%	85,00%	0,00%	60,00%	0,00%	35,00%	3	3

FONTE: Adaptado de Von Sperling (2007).

FIGURA 38 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – CÁLCULO DOS ÍNDICES DE TRATABILIDADE

SISTEMA	DADOS PARA CÁLCULO DO ITT						EFICIÊNCIAS REQUERIDAS (E _f)						DADOS PARA CÁLCULO DO ITr						ITr						
	Σ E _f TORNADA (MDS/2000M ³ AN/P)	W _{bio}	W _{sed}	W _{adn}	W _f TOTAL	Σ W _f	Σ E _f TORNADA (MDS/2000M ³ AN/P) x Σ W _f	pr	Σ W _f x pr	ITT	DBO ₅ (%)	SST (%)	AMÔNIA (%)	N TOTAL (%)	P TOTAL (%)	Σ E _f REQUERIDA (MDS/2000M ³ AN/P)	W _{bio}	W _{sed}		W _{adn}	W _f TOTAL	Σ W _f	Σ E _f REQUERIDA (MDS/2000M ³ AN/P) x Σ W _f	pr	Σ W _f x pr
TANQUE SÉPTICO	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
DECANTADOR PRIMÁRIO	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
DECANTADOR PRIMÁRIO QUIMICAMENTE ASSISTIDO	3,20	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,57	0,49	0,24	0,19	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LAGOA FACULTATIVA	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LAGOA AERÚDA FACULTATIVA	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LAGOA AERÚDA + LAGOA DE SEDIMENTAÇÃO	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE MATURAÇÃO	3,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE ALTA TAXA	4,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + REMOÇÃO DE ALGA	3,33	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,63	0,49	0,24	0,19	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
TRATAMENTO A BAIXA TAXA	4,67	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	4,67	1,00	1,00	4,67	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	4,66	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	4,66	1,00	1,00	4,66	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	3,28	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,71	0,49	0,24	0,19	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
WETLANDS CONSTRUIDAS	3,28	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,61	0,49	0,24	0,19	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBIO	3,15	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,55	0,49	0,24	0,19	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	4,66	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	4,66	1,00	1,00	4,66	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
REATOR UASB	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + LODOS ATIVADOS	3,66	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,80	0,49	0,24	0,21	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	3,22	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,80	0,49	0,24	0,21	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + FILTRO ANAERÓBIO	3,31	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,58	0,49	0,24	0,19	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	3,31	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,62	0,49	0,24	0,19	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	3,38	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,66	0,49	0,24	0,20	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + LAGOAS DE MATURAÇÃO	3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + LAGOAS FACULTATIVAS AERADAS	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + LAGOAS AERADAS + LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
UASB + ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	3,48	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,71	0,49	0,24	0,20	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	3,79	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,86	0,49	0,24	0,22	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA	3,83	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	3,83	1,00	1,00	3,83	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERADA EXTENDIDA	3,83	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	3,83	1,00	1,00	3,83	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	4,09	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	2,01	0,49	0,24	0,24	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P	4,62	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	2,27	0,49	0,24	0,27	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAIS + FILTRAÇÃO TERCIÁRIA	4,13	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	4,13	1,00	1,00	4,13	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	3,66	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,80	0,49	0,24	0,21	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	3,28	0,00	0,49	0,00	0,00	0,49	1,61	0,49	0,24	0,19	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	3,81	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	3,81	1,00	1,00	3,81	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	4,11	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	4,11	1,00	1,00	4,11	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	3,68	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	3,68	1,00	1,00	3,68	93,33%	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,83	0,51	0,49	0,00	0,00	0,00	1,83	1,00	1,00

FONTE: AUTOR.

A segunda avaliação compara a área disponível por habitante com a área máxima requerida da alternativa, segundo os dados apresentados na FIGURA 13. Nessa etapa apenas as alternativas que fornecem a eficiência requerida são avaliadas. A FIGURA 39 e FIGURA 40 apresentam a planilha de avaliação.

FIGURA 39 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – 2ª AVALIAÇÃO
(continua)

SISTEMA	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO FINAL DO TRATAMENTO - COM TRATAMENTO ADICIONAL																	ITf	ITf/ITr
	DBO ₅ (%)	DQO (%)	SST (%)		AMÔNIA (%)		N TOTAL (%)		P TOTAL (%)		COLIFORMES FECAIS								
			Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Unidades								
											Min	Máx							
TANQUE SÉPTICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DECANTADOR PRIMÁRIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DECANTADOR PRIMÁRIO QUIMICAMENTE ASSISTIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LAGOA FACULTATIVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LAGOA AERADA FACULTATIVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LAGOA AERADA + LAGOA DE SEDIMENTAÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE MATURAÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE ALTA TAXA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + REMOÇÃO DE ALGA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TRATAMENTO A BAIXA TAXA	90%	99%	85%	95%	93%	98%	80%	90%	75%	90%	85%	90%	3,00	3,00	4,67	1,83	2,55	-	
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	85%	98%	80%	93%	93%	98%	65%	90%	65%	90%	50%	90%	3,00	3,00	4,66	1,83	2,54	-	
ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
WETLANDS CONSTRUÍDAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	90%	98%	85%	95%	93%	98%	65%	90%	65%	90%	50%	90%	3,00	3,00	4,66	1,83	2,54	-	
REATOR UASB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + LODOS ATIVADOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + FILTRO ANAERÓBIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + LAGOAS DE MATURAÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + LAGOAS FACULTATIVAS AERADAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + LAGOAS AERADAS + LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UASB + ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA	90%	97%	83%	93%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,83	1,83	2,09	-	
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERAÇÃO EXTENDIDA	90%	97%	83%	93%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,83	1,83	2,09	-	
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCIÁRIA	93%	98%	90%	95%	93%	97%	80%	98%	0%	60%	50%	60%	3,00	3,00	4,13	1,83	2,25	-	
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	88%	95%	83%	90%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,81	1,83	2,08	-	
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	88%	95%	83%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	0%	35%	3,00	3,00	4,11	1,83	2,24	-	
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	88%	95%	83%	90%	87%	93%	65%	85%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,68	1,83	2,01	-	

FONTE: AUTOR.

FIGURA 40 – PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – 2ª AVALIAÇÃO

SISTEMA	Área disponível PARA O TRATAMENTO (m²/hab.)	DADOS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO APENAS REFERENTES AO TRATAMENTO ORIGINAL												Custos de Operação e Manutenção (R\$/hab.ano)	
		Área requerida DO TRATAMENTO (m²/hab.)		Potência Instalada (W/hab.)		Potência consumida (kWh/hab.)		Lodo Líquido a ser tratado (L/hab.ano)		Lodo Seco a ser disposto (L/hab.ano)		Custos de Implantação (R\$/hab.)		Custos de Operação e Manutenção (R\$/hab.ano)	
		Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx		
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Min	Máx
TANQUE SÉPTICO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DECANTADOR PRIMÁRIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DECANTADOR PRIMÁRIO QUIMICAMENTE ASSISTIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGOA FACULTATIVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGOA AERADA FACULTATIVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGOA AERADA + LAGOA DE SEDIMENTAÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE MATURAÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + LAGOA DE ALTA TAXA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA + REMOÇÃO DE ALGA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRATAMENTO A BAIXA TAXA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	8,00	1,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,74	181,85	3,03	9,09
ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WETLANDS CONSTRUIDAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TANQUE SÉPTICO + FILTRO ANAERÓBIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	8,00	1,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	110,00	360,00	15,00	35,00	151,54	242,47	7,27	12,12
REATOR UASB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + LODOS ATIVADOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + FILTRO ANAERÓBIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + FILTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + LAGOAS DE MATURAÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + LAGOAS FACULTATIVAS AERADAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + LAGOAS AERADAS + LAGOAS DE SEDIMENTAÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UASB + ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA	8,00	0,12	0,25	3,50	5,50	20,00	35,00	1200,00	2000,00	40,00	105,00	212,16	303,09	24,25	48,49
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERAÇÃO EXTENDIDA	8,00	0,12	0,25	4,50	6,00	20,00	35,00	1200,00	2000,00	40,00	105,00	212,16	303,09	24,25	48,49
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCIÁRIA	8,00	0,15	0,30	2,50	4,50	18,00	26,00	1200,00	3100,00	40,00	100,00	303,09	454,63	36,37	60,62
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	8,00	0,10	0,15	2,50	4,50	18,00	26,00	1100,00	3000,00	35,00	90,00	181,85	303,09	18,19	36,37
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	8,00	0,10	0,15	2,20	4,20	15,00	22,00	1100,00	3000,00	35,00	90,00	181,85	303,09	18,19	36,37
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	8,00	0,10	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	330,00	1500,00	20,00	75,00	303,09	363,70	24,25	36,37

FONTE: AUTOR.

Para o exemplo apresentado nas figuras, nove alternativas atendem a eficiência requerida, mas na segunda avaliação apenas oito atendem ao requisito de área. Sendo, então, as oito a serem mantidas para a avaliação.

Outra informação importante, que pode ser retirada da planilha (ver FIGURA 39, p. 154) é a relação IT_f / IT_r . Essa relação indica que quanto maior for seu valor melhor é o tratamento com relação à eficiência de remoção dos poluentes.

Para as alternativas mantidas, na avaliação econômica, serão utilizados os valores atualizados apresentados ao final da planilha (ver FIGURA 40).

b) SUDS

Para a drenagem os sistemas deverão ser pré-dimensionados e seus custos estimados a partir dos valores de revisão bibliográfica, como os apresentados na TABELA 19 (p. 119), para implantação, e TABELA 20 (p. 119) para operação e manutenção, atualizados, ou por um orçamento estimativo nessa etapa de avaliação.

A avaliação da remoção de poluentes deve ser baseada nas eficiências de remoção do poluente estimadas para cada alternativa de SUDS.

5.2.4 Avaliação das alternativas

A avaliação das alternativas deve ser realizada por uma ou mais das técnicas de Sistema de Suporte à Decisão (SSD) apresentadas no item 4.7, porém deve-se salientar que as técnicas apresentadas no presente documento não limitam a possibilidade de aplicação que alcancem o objetivo pretendido.

Os métodos de análise multicritério se apresentam com uma alternativa de análise mais complexa envolvendo a participação de *stakeholders* os quais deverão atribuir pesos aos critérios avaliados. Os métodos, normalmente, exigem a necessidade de realização de pesquisas qualitativas para a determinação de critérios subjetivos, como por exemplo, pesquisar a disposição da comunidade de pagar por uma ação que resulte em aumento de áreas verde, resultantes da implantação de sistemas de *Wetlands* construída.

O modelo de pontuação proposto pode ser utilizado como uma ferramenta de análise simplificada, para o descarte de alternativas no início do processo onde se encontram, normalmente, um maior número de alternativas a serem avaliadas. A análise também possibilita a participação de agentes no processo na definição dos

critérios a serem considerados, assim como os pesos (relevância) de cada critério de avaliação.

A análise econômica tem se mostrado a mais praticada no processo decisório de projetos de saneamento, haja visto sua aplicação em organizações internacionais, como o Banco Mundial, e nacionais, como a FUNASA. Além disso, ressalta-se a experiência profissional do autor na aplicação dessa metodologia, nos projetos de saneamento, principalmente para os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, onde, em uma análise “*Ex ante*”, são determinados primeiramente as alternativas que atendem aos critérios técnicos e ambientais e posteriormente, através de um orçamento estimativo das alternativas elencadas, é realizada uma avaliação financeira, sendo escolhida a de menor custo de implantação, operação e manutenção. Observa-se, porém, uma análise desintegrada, onde não se avalia os impactos positivos e negativos nos outros sistemas. Essa prática tem sido adotada tanto em órgãos públicos, órgãos de economia mista e empresas do setor privado, com concessão de operação de sistemas de saneamento.

Cabe salientar que a constatação apresentada não, necessariamente, se traduz em uma crítica à prática observada. Porém, deve-se avançar na metodologia de avaliação de alternativas de saneamento, procurando incorporar às mesmas impactos positivos e negativos a outros setores, como por exemplo o impacto econômico gerado pela universalização do saneamento na saúde pública, impacto econômico no sistema de abastecimento de água pela proteção dos mananciais de abastecimento, através de uma política de universalização da coleta e tratamento de esgotos sanitários.

O avanço necessário, buscando uma visão mais integrada dos sistemas, ficou evidenciada com a crise hídrica que se abateu no município do Rio de Janeiro, no início do ano de 2020. Como amplamente divulgado pela imprensa nacional, o abastecimento de água da cidade foi comprometido pela contaminação do manancial de abastecimento rio Guandu, aparentemente devido a uma falta de investimento e atenção ao sistema de esgotamento sanitário dos municípios da bacia hidrográfica (TRIGUEIRO, 2020).

Assim, observa-se a necessidade de se avaliar, na escolha das alternativas, os impactos sociais, ambientais e econômicos, bem como a interrelação dos impactos entre os setores de saúde pública e de saneamento.

5.2.5 Plano de implantação

Definida a alternativa para os sistemas de drenagem e de esgotamento sanitário, deve-se realizar o plano de implantação das medidas. Duas avaliações são sugeridas, sendo a primeira a ambiental, compreendendo uma avaliação de implantação dos sistemas em termos ambientais, hierarquizando as de maior impacto em termos de redução da poluição.

A segunda se caracteriza por uma avaliação social, onde estima-se o impacto sobre a saúde, com o aumento da cobertura de coleta e tratamento de esgotos. Mais especificamente, procurando-se estabelecer a taxa anual de aumento de cobertura da população, com os sistemas de esgotamento sanitário. Dentre as doenças citadas no item 4.2, relacionadas a um saneamento básico inadequado, sugere-se a utilização a diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível.

5.3 ESTUDO DE CASO

5.3.1 Introdução

Foi escolhido o município de Nobres no Estado do Mato Grosso, cuja localização é apresentada na FIGURA 41.

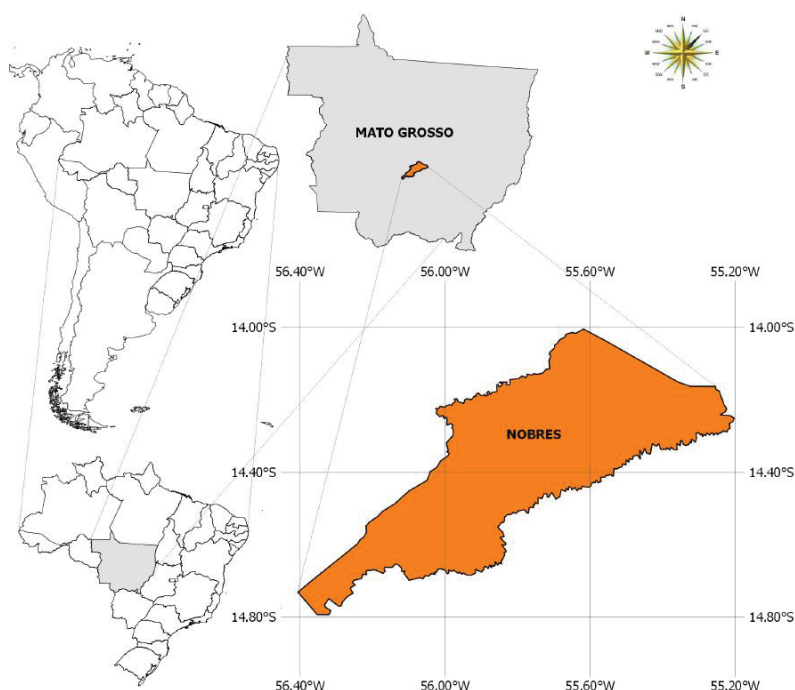
A escolha do município de Nobres se deve aos seguintes fatores:

- O município se enquadra nas características apresentadas por Pilgrim et al. (2007), em que o mesmo se encontra entre uma área considerada rural e município de médio porte, cuja população, segundo censo do IBGE de 2010, é de 15.002 habitantes, sendo 83% localizada na área urbana;
- Segundo os dados apresentados pela ANA em seu Atlas de Esgotos, o índice da população sem coleta e sem tratamento de efluentes é de 76,4%, sendo que, somente 3,6% é atendido por coleta, mas sem tratamento, e 20% possui solução individual de disposição de efluentes, compostas de fossas sépticas ou fossas negras ou sumidouros (BRASIL, 2017);
- A sede do município, segundo o Plano de Saneamento Básico, possui 55% das ruas com pavimentação, sendo que dessas apenas 49%

possuem sistema de drenagem compostos de sarjeta, boca de lobo e rede coletora (FUNASA, 2017);

- Facilidade de acesso a informações relativamente atuais do município. Por exemplo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) elaborou o Plano de Saneamento do município em abril de 2017;
- Foi desenvolvido um trabalho de mestrado, referente ao tema, no Programa de Pós-Graduação; e
- O município possui um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) que será utilizado como base para as informações a serem coletadas. Observa-se que, não é objetivo do trabalho realizar uma caracterização sucinta do município, mas sim demonstrar a aplicabilidade da ferramenta ora proposta. Assim, serão reproduzidas algumas informações do PMSB, referenciando o mesmo para maiores detalhes.

FIGURA 41 – LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE NOBRES – MT



FONTE: AUTOR.

A sede do município de Nobres está localizada a 151 km da capital do Estado do Mato Grosso, Cuiabá, nas coordenadas geográficas 14°32'30" Latitude Sul e 56°22'30" Longitude Oeste. O município está inserido na Mesorregião Norte e

Microrregião Alto Teles Pires, a 200 m acima do nível do mar. A área total do município é de 3894,52 km² (LIMA et al., 2017).

5.3.2 Clima

Segundo o Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico o Estado do Mato Grosso está inserido em três unidades climáticas:

- Equatorial Continental Úmido, com estação seca definida da Depressão Sul-Amazônico
- Sub-Equatorial Continental Úmido do Planalto dos Parecis
- Tropical Continental Altamente Úmido e Seco das Chapadas, Planaltos e Depressões

Nobres situa-se na terceira unidade, caracterizada por ciclos de precipitação bem definidos, onde as estações chuvosas predominam entre seis a sete meses do ano e secas bem definidas no restante do ano (MATO GROSSO, 2004²⁷ apud LIMA et al., 2017).

A cidade não possui estação meteorológica. Porém, no município de Diamantino, a 62 km de Nobres, existe a estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Diamantino, código OMM: 83309, operando desde o ano de 1932.

Nesse sentido foram coletados os dados de pluviometria e temperatura no *website* do INMET, para o período de janeiro de 2000 a julho de 2019, de maneira a caracterizar o clima da região.

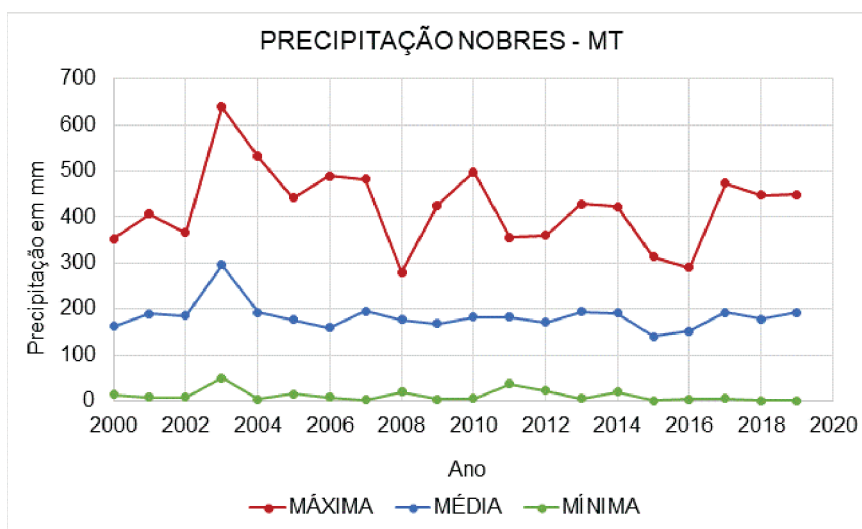
As precipitações máximas, médias e mínimas, são apresentadas no GRÁFICO 7, enquanto o GRÁFICO 8 apresenta a precipitação anual acumulada para o período.

Observa-se uma grande variabilidade anual na precipitação da região, com pico de chuva de 638 mm e mínima precipitação de 51 mm no mesmo ano, em 2003. Porém, no acumulado, a precipitação mantém-se acima 1200 mm, com um mínimo de 1236 mm em 2008, desconsiderando-se 2019 com apenas 6 meses de dados.

²⁷ MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). **Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico: Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado do Mato Grosso e Assistência Técnica na Formulação da 2ª Aproximação**. 2004

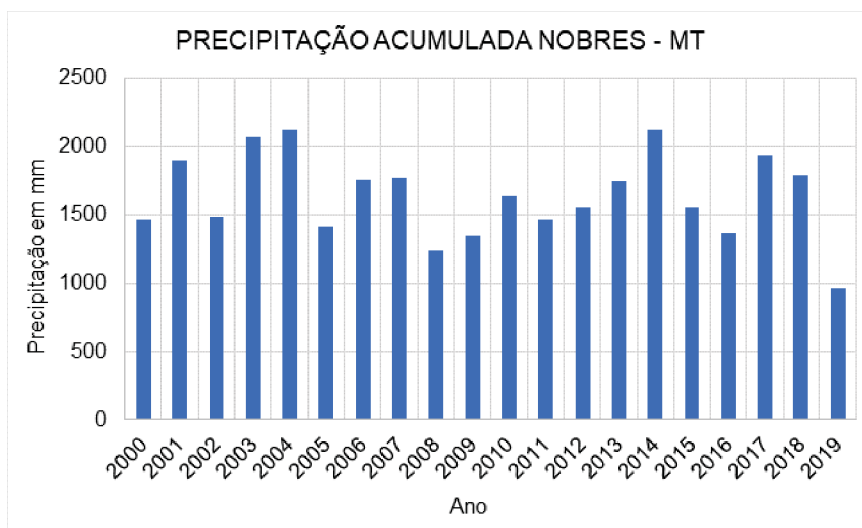
A variabilidade acima mencionada fica mais evidenciada quando se analisa a precipitação mensal para um período de 19 meses, de janeiro de 2018 a julho de 2019, com períodos de precipitação inexistente e máximo de 450 mm, como apresentado no GRÁFICO 9.

GRÁFICO 7 – PRECIPITAÇÃO MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA MENSAIS NA REGIÃO DE NOBRES - MT



FONTE: Adaptado de INMET (2019).

GRÁFICO 8 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA ANUAL REGIÃO DE NOBRES - MT



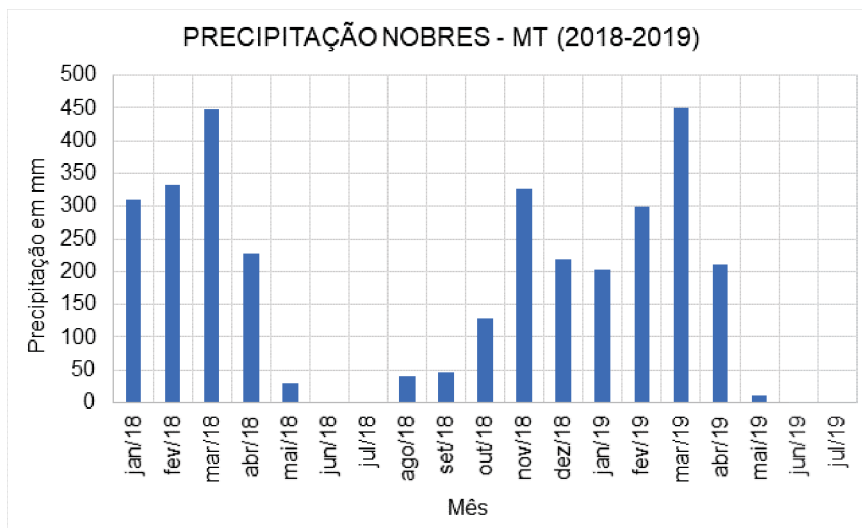
FONTE: Adaptado de INMET (2019).

Com relação às temperaturas o GRÁFICO 10 apresenta as médias máxima, média e mínima, anuais, baseados nos dados da supracitada estação.

O gráfico das médias anuais apresenta uma variação de 14,18 °C entre a média máxima e a média mínima, com valores de aproximadamente 33,96 °C em

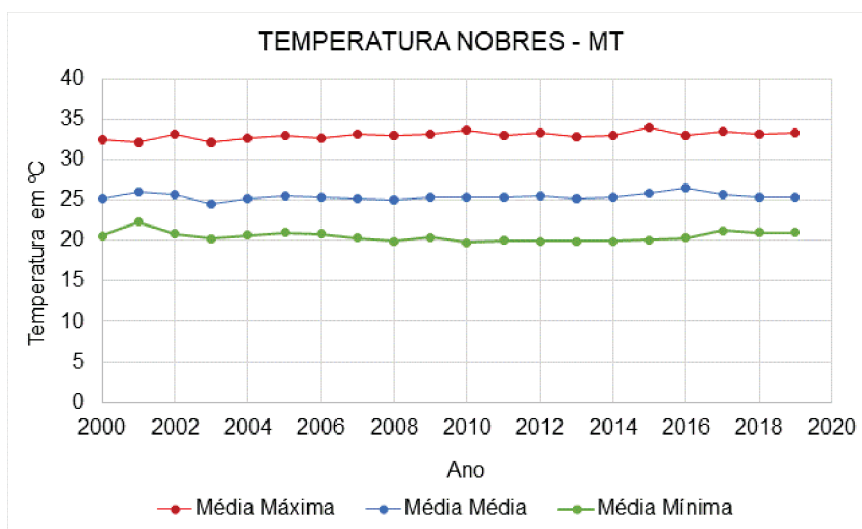
2015 e 19,78 °C, em 2010, respectivamente para o máximo observado da média máxima e mínimo observado da média mínima.

GRÁFICO 9 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL REGIÃO DE NOBRES – MT (2018-2019)



FONTE: Adaptado de INMET (2019).

GRÁFICO 10 – TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS ANUAIS REGIÃO DE NOBRES - MT

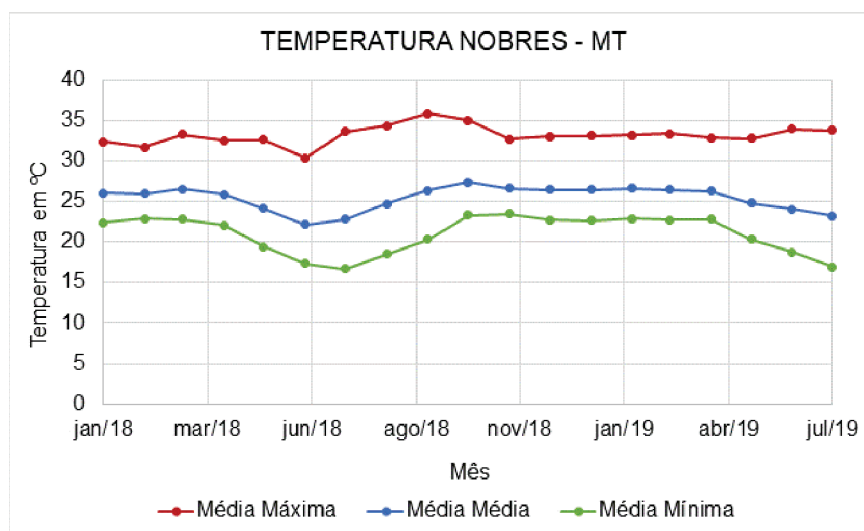


FONTE: Adaptado de INMET (2019).

Já para o período de 19 meses, entre janeiro de 2018 e julho de 2019, apresentados no GRÁFICO 11, a variação é de até 19,18 °C, considerando o valor máximo observado para a média máxima de 35,85 °C, em setembro de 2018, e o valor mínimo da média mínima de 16,66 °C em julho do mesmo ano.

A temperatura média, observando os dois gráficos, se aproxima dos 25 °C.

GRÁFICO 11 – TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS REGIÃO DE NOBRES – MT (2018 A 2019)



FONTE: Adaptado de INMET (2019).

5.3.3 Recursos Hídricos

Segundo o Plano Estadual de Recurso Hídricos (PERH) o estado do Mato Grosso está inserido em três regiões hidrográficas, das 12 regiões brasileiras estabelecidas no Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), com as características e delimitações apresentadas, respectivamente, na TABELA 22 e FIGURA 42.

TABELA 22 – CARACTERÍSTICAS DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO MATO GROSSO

Região	Área (km²)	Abrangência territorial
Paraguai	176.800	19,6%
Amazônica	592.382	65,7%
Tocantins Araguaia	132.238	14,7%

FONTE: Adaptado de MATO GROSSO (2009).

O estado do Mato Grosso foi dividido em 27 Unidades de Planejamento e Gerenciamento (UPG) de seu sistema de recursos hídricos, pela resolução nº005 de 2006, aprovada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CEHIDRO) do Mato Grosso (MATO GROSSO, 2009).

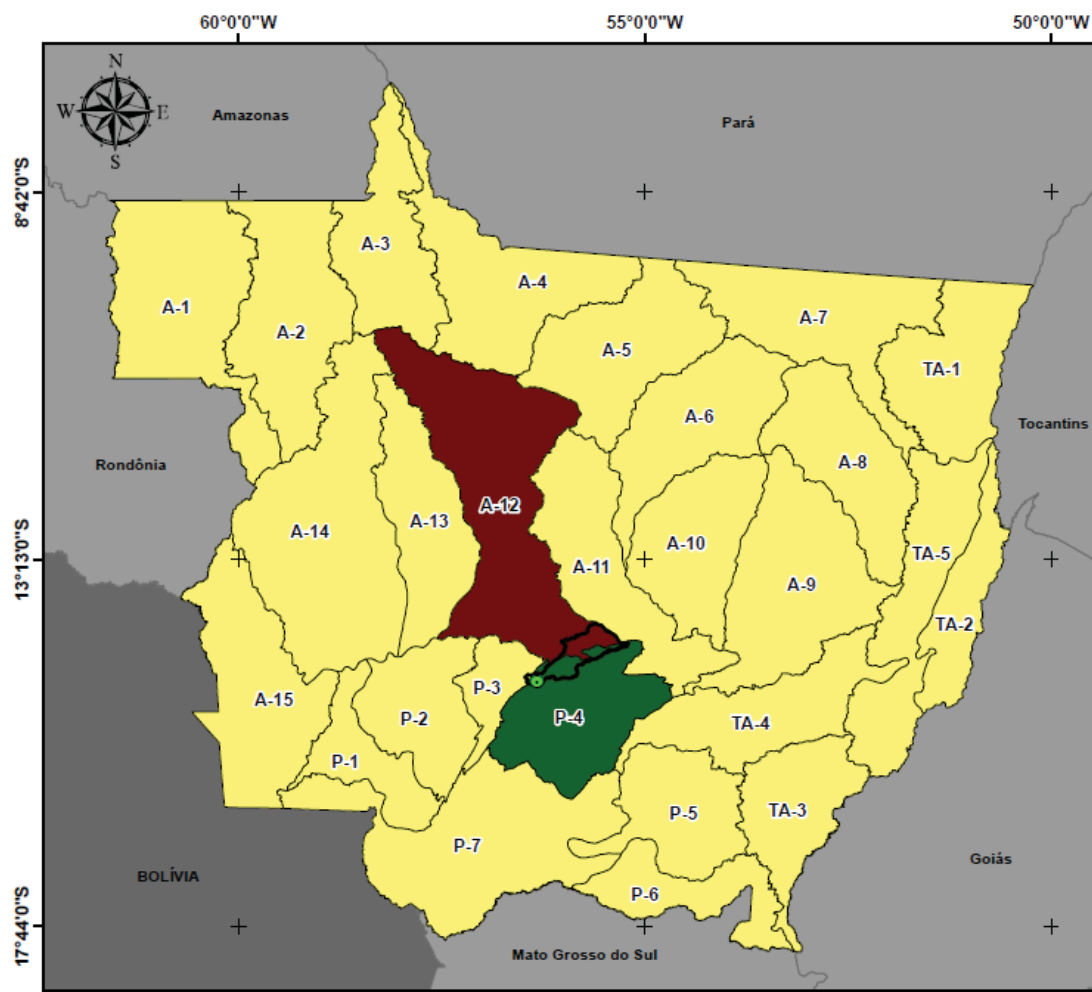
FIGURA 42 – REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO MATO GROSSO



FONTE: MATO GROSSO (2009).

O município de Nobres está localizado dentro das três regiões hidrográficas, nas UPGs A-12 (Arinos), P-3 (Alto Paraguai Superior) e P-4 (Alto Rio Cuiabá), como apresentado na FIGURA 43.

FIGURA 43 – LOCALIZAÇÃO DE NOBRES NAS UPGs DO MATO GROSSO



FONTE: LIMA et al. (2017).

Com relação à rede hídrica de Nobres, a sede do município é cortada pelo rio Serragem, afluente do ribeirão Nobres, pelo próprio ribeirão Nobres, o qual é afluente do rio Cuiabá, como mostrado na FIGURA 44.

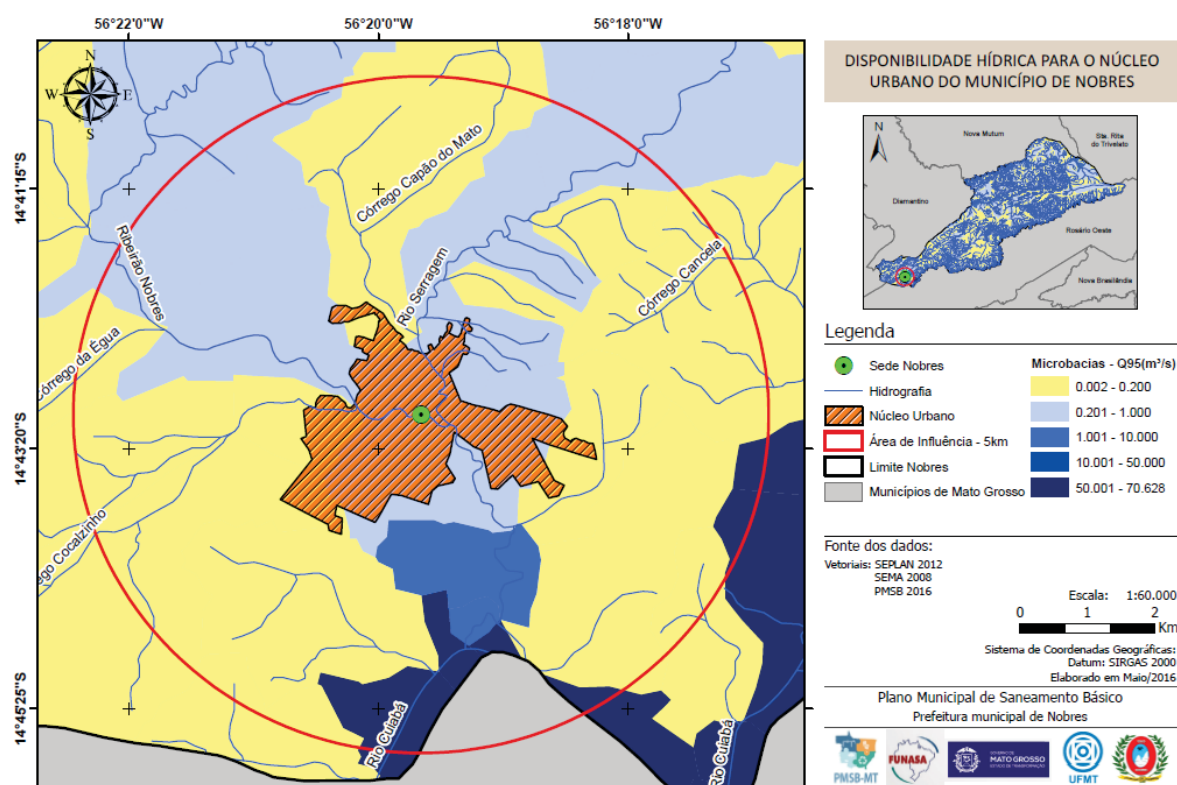
Em termos qualitativos e quantitativos, os rios supracitados possuem as classes, de acordo com a resolução CONAMA nº357 de 2005 e as vazões apresentadas na TABELA 23 (LIMA et al., 2017).

TABELA 23 – CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS HÍDRICOS NA REDE HÍDRICA URBANA DE NOBRES

Corpo hídrico	Classe	Vazão média (m³/s)	Q _{95%} (m³/s)	Distância até a sede (km)
Ribeirão Nobres	2	3,97	0,474	0
Rio Serragem	2	4,86	0,488	0
Rio Cuiabá	2	317,92	69,49	2

FONTE: Adaptado de SEMA (2016) apud LIMA et al. (2017).

FIGURA 44 – REDE HÍDRICA SEDE URBANA DE NOBRES



FONTE: LIMA et al. (2017).

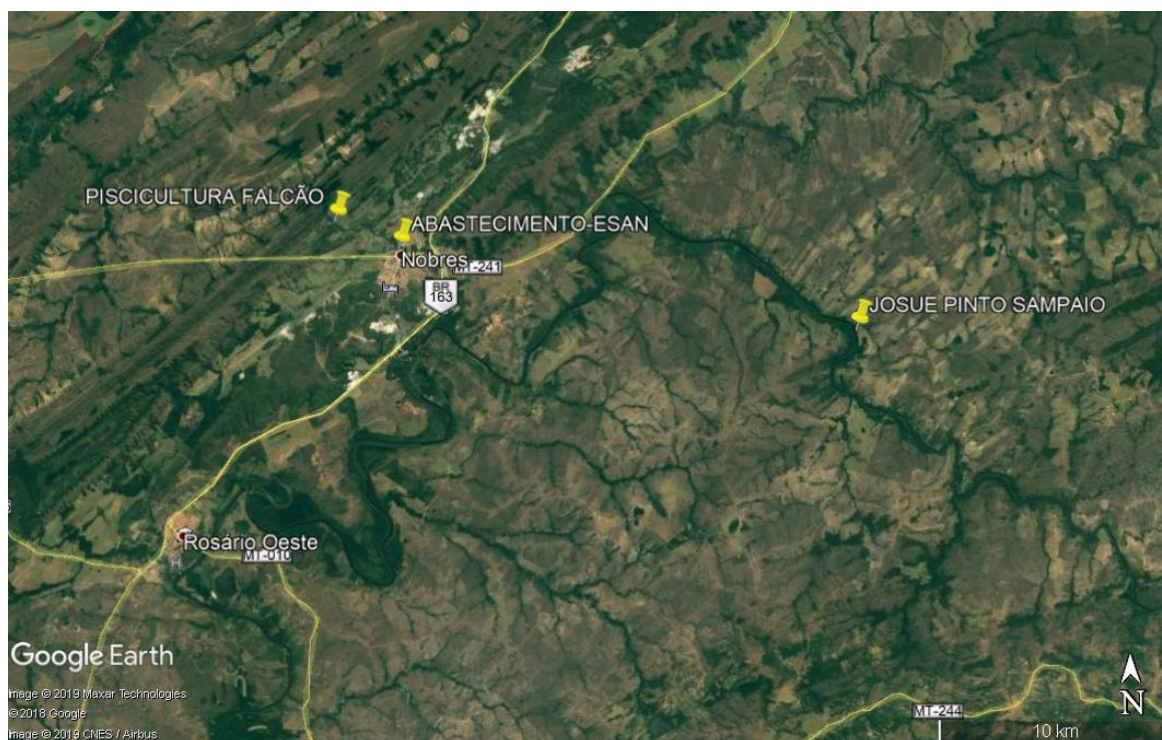
Acessando o Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental (SIMLAM) do estado do Mato Grosso e ANA, para a verificação de outorgas concedidas, encontrou-se duas outorgas no ribeirão Nobres e uma outorga no rio Manso afluente do rio Cuiabá, as quais são apresentadas na TABELA 24 e localizadas na FIGURA 45.

TABELA 24 – OUTORGAS CONCEDIDAS NA REDE HÍDRICA DE NOBRES

Sistema	Corpo Hídrico	Empreendimento	Finalidade	Vazão (m³/s)
SIMLAM (*)	Ribeirão Nobres	Piscicultura Falcão	Aquicultura	0,0300
SIMLAM (*)	Ribeirão Nobres	ESAN	Abastecimento	0,0400
ANA (**)	Rio Manso	Josue Pinto Sampaio	Aquicultura	0,0049

FONTE: Adaptado de (*) MATO GROSSO (2019) e (**) ANA (2019).

FIGURA 45 – LOCALIZAÇÃO DAS OUTORGAS CONCEDIDAS NA REDE HÍDRICA DE NOBRES



FONTE: Adaptado de MATO GROSSO (2019) e ANA (2019).

5.3.4 População da sede urbana

5.3.4.1 Período de atendimento

A primeira etapa para a determinação da população a ser atendida pelo sistema de esgotamento sanitário, quer seja pelo SSA ou pelo SUA, é a determinação do período de atendimento.

Para tanto, é sugerido o cronograma apresentado na FIGURA 46, salientando a necessidade de avaliação, caso a caso, para verificar a exequibilidade desse cronograma. No cronograma, foi considerada a seguinte estrutura administrativa:

- Operador do sistema: Prefeitura Municipal ou concessionária, responsável pelo desenvolvimento da concepção do sistema, preparo das licitações e contratação dos serviços de projetos e execução da obra;
- Desenvolvimento dos projetos: Empresa terceirizada, através de processo licitatório, e capacitada tecnicamente para os projetos. Observa-se aqui duas opções. Na primeira, assumida no cronograma apresentado, dois processos licitatórios, para o projeto de engenharia e o projeto executivo, podendo ou não, a mesma empresa ter sucesso

nos processos de licitação. A segunda opção seria um processo licitatório para o desenvolvimento dos dois projetos, eliminando, portanto, a etapa de licitação do projeto executivo;

- Obras: Empresa terceirizada, normalmente diferente da ou das empresas desenvolvedoras dos projetos, também através de processo licitatório.

FIGURA 46 – CRONOGRAMA PARA INÍCIO DE ATENDIMENTO À POPULAÇÃO

ETAPA	DURAÇÃO (meses)	ANO						
		1	2	3	4	5	6	7
Concepção do sistema	12	■	■					
Licitação para projeto de engenharia	12		■	■				
Projeto de engenharia	12			■	■			
Licitação para projeto executivo	12				■	■		
Projeto executivo	12					■	■	
Licitação para as obras	12						■	■
Início das obras	24						■	■
Início do atendimento	Marco							■

FONTE: AUTOR.

Abre-se aqui um parêntese, onde o presente trabalho está localizado na primeira etapa, de concepção do sistema. A duração de 12 meses assume a premissa que foi desenvolvido um PMSB para o município, tendo sido coletadas as informações necessárias para a aplicação da ferramenta ora proposta. No entanto, observa-se a sua flexibilidade, onde esse poderia fazer parte do PMSB.

Além disso, outras estruturas administrativas são possíveis, como a concessionária, responsável pelo sistema, desenvolver todas as etapas, ou até as etapas de projetos apenas, a exceção do PMSB de responsabilidade do órgão municipal, mas sob a fiscalização desse mesmo órgão.

Assumindo-se então, o cronograma apresentado e o ano base de 2019, chega-se ao ano de 2025 para início de atendimento da população. Considerando ainda um período de 30 anos ao qual o sistema concebido deverá atender, o ano final de atendimento, para o projeto desenvolvido, será de 2055. Observa-se aqui que, durante todo o período do projeto, o responsável pela gestão do sistema, deverá acompanhar a sua evolução, programando, dessa maneira, intervenções e ampliações desse sistema.

5.3.4.2 Estimativa populacional

Como apresentado no item 5.2.3.2 (p. 142) no presente trabalho será utilizado o método geométrico para estimativa populacional. Para tanto optou-se por utilizar os dados dos censos de 1991, 2000 e 2010, do IBGE. Salienta-se que os sistemas ora propostos deverão atender à população urbana, sendo essa, então, a população utilizada dos censos.

Assim, primeiramente, foram determinadas as taxas geométricas de crescimento, as quais são apresentadas na TABELA 25.

TABELA 25 – TAXAS GEOMÉTRICAS DE CRESCIMENTO DOS CENSOS DO IBGE

Ano		Taxa geométrica
Início	Final	
1991	2000	1,13%
2000	2010	0,41%

FONTE: Baseado em IBGE 1991, 2000 e 2010.

Devido à diferença entre o crescimento no primeiro período (1991-2000) e segundo período (2000-2010), optou-se por realizar três cenários de crescimento populacional. A primeira considerando a taxa constante de 1,13%, a segunda para a taxa constante de 0,41% e uma terceira considerando a média entre as duas taxas, de 0,75%. A TABELA 26 apresenta as populações estimadas e o GRÁFICO 12 apresenta as curvas resultantes.

TABELA 26 – ESTIMATIVAS POPULACIONAIS

(Continua)

Ano	População 1 (habitantes)	Taxa de 1,13%	População 2 (habitantes)	Taxa de 0,41%	População 3 (habitantes)	Taxa de 0,75%
1991	10807	-	10807	-	10807	-
2000	11957	1,13%	11957	1,13%	11957	1,13%
2010	12452	0,41%	12452	0,41%	12452	0,41%
2011	12593	1,13%	12503	0,41%	12545	0,75%
2012	12735	1,13%	12554	0,41%	12639	0,75%
2013	12879	1,13%	12605	0,41%	12734	0,75%
2014	13025	1,13%	12656	0,41%	12829	0,75%
2015	13172	1,13%	12707	0,41%	12925	0,75%
2016	13321	1,13%	12759	0,41%	13022	0,75%
2017	13472	1,13%	12811	0,41%	13120	0,75%
2018	13624	1,13%	12863	0,41%	13218	0,75%
2019	13778	1,13%	12915	0,41%	13317	0,75%
2020	13934	1,13%	12967	0,41%	13417	0,75%
2021	14091	1,13%	13020	0,41%	13518	0,75%
2022	14250	1,13%	13073	0,41%	13619	0,75%
2023	14411	1,13%	13126	0,41%	13721	0,75%

TABELA 26 – ESTIMATIVAS POPULACIONAIS

(Final)

Ano	População 1 (habitantes)	Taxa de 1,13%	População 2 (habitantes)	Taxa de 0,41%	População 3 (habitantes)	Taxa de 0,75%
2024	14574	1,13%	13179	0,41%	13824	0,75%
2025	14739	1,13%	13233	0,41%	13928	0,75%
2026	14906	1,13%	13287	0,41%	14032	0,75%
2027	15074	1,13%	13341	0,41%	14137	0,75%
2028	15244	1,13%	13395	0,41%	14243	0,75%
2029	15416	1,13%	13449	0,41%	14350	0,75%
2030	15590	1,13%	13504	0,41%	14458	0,75%
2031	15766	1,13%	13559	0,41%	14566	0,75%
2032	15944	1,13%	13614	0,41%	14675	0,75%
2033	16124	1,13%	13669	0,41%	14785	0,75%
2034	16306	1,13%	13725	0,41%	14896	0,75%
2035	16490	1,13%	13781	0,41%	15008	0,75%
2036	16676	1,13%	13837	0,41%	15120	0,75%
2037	16864	1,13%	13893	0,41%	15233	0,75%
2038	17055	1,13%	13949	0,41%	15347	0,75%
2039	17248	1,13%	14006	0,41%	15462	0,75%
2040	17443	1,13%	14063	0,41%	15578	0,75%
2041	17640	1,13%	14120	0,41%	15695	0,75%
2042	17839	1,13%	14177	0,41%	15813	0,75%
2043	18041	1,13%	14235	0,41%	15931	0,75%
2044	18245	1,13%	14293	0,41%	16050	0,75%
2045	18451	1,13%	14351	0,41%	16170	0,75%
2046	18659	1,13%	14409	0,41%	16291	0,75%
2047	18870	1,13%	14468	0,41%	16413	0,75%
2048	19083	1,13%	14527	0,41%	16536	0,75%
2049	19299	1,13%	14586	0,41%	16660	0,75%
2050	19517	1,13%	14645	0,41%	16785	0,75%
2051	19738	1,13%	14705	0,41%	16911	0,75%
2052	19961	1,13%	14765	0,41%	17038	0,75%
2053	20187	1,13%	14825	0,41%	17166	0,75%
2054	20415	1,13%	14885	0,41%	17295	0,75%
2055	20646	1,13%	14946	0,41%	17425	0,75%

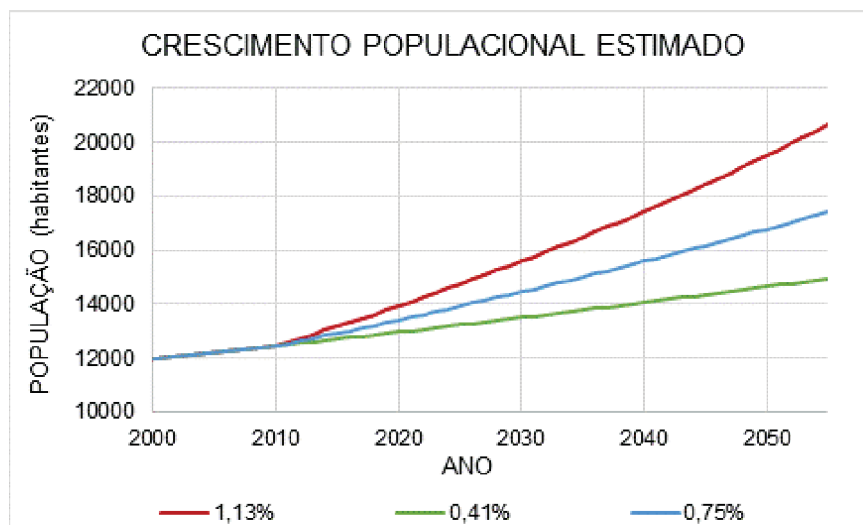
FONTE: AUTOR.

O PMSB de Nobres apresentou uma estimativa populacional, utilizando o método de tendência de crescimento demográfico, para um período de 20 ano, o qual é reproduzido na FIGURA 47.

Analisando-se a estimativa populacional, para a população urbana, apresentada no PMSB, observam-se as seguintes diferenças com relação às estimativas apresentadas na TABELA 26:

- No PMSB foram utilizados os dados dos censos de 2000 e 2010, além da projeção da população do estado do Mato Grosso, para 2013, realizada pelo IBGE, enquanto no presente trabalho foram utilizados os dados dos censos de 1991, 2000 e 2010;

GRÁFICO 12 – ESTIMATIVA POPULACIONAL NOBRES-MT



FONTE: AUTOR.

FIGURA 47 – ESTIMATIVA POPULACIONAL DE NOBRES DO PMSB

Tabela 82. Projeção Populacional para o Estado de Mato Grosso e município de Nobres

Período	Mato Grosso	Município de Nobres		
	População Total	População total	População Urbana	População Rural
2010	3.033.991	15.002	12.454	2.548
2015	3.265.486	14.959	12.657	2.302
2016	3.305.531	15.012	12.702	2.310
2017	3.344.544	15.013	12.737	2.276
2018	3.382.487	15.014	12.771	2.244
2019	3.419.350	15.016	12.803	2.212
2020	3.455.092	15.017	12.835	2.182
2021	3.489.729	15.018	12.866	2.153
2022	3.523.288	15.019	12.895	2.125
2023	3.555.738	15.021	12.923	2.097
2024	3.587.069	15.022	12.950	2.071
2025	3.617.251	15.023	12.976	2.047
2026	3.646.277	15.024	13.001	2.023
2027	3.674.131	15.025	13.025	2.000
2028	3.700.794	15.026	13.047	1.979
2029	3.726.248	15.027	13.068	1.959
2030	3.750.469	15.028	13.088	1.940
2031	3.773.430	15.028	13.106	1.922
2032	3.795.106	15.029	13.124	1.906
2033	3.815.472	15.030	13.140	1.890
2034	3.834.506	15.031	13.154	1.877
2035	3.852.186	15.031	13.167	1.864
2036	3.870.768	15.032	13.180	1.851

Tabela elaborada pela Equipe de elaboração do PMSB, com utilização do método de tendência.

Fonte dos dados: Censos demográficos IBGE 2000 e 2010 e Projeção da população de Mato Grosso revista em 2013 pelo IBGE (coluna 2 da Tabela).

FONTE: LIMA et al. (2017).

- A metodologia utilizada para o cálculo no PMSB foi o método das tendências, enquanto no presente trabalho adotou-se o método da progressão geométrica;

- A população urbana, para o ano de 2010, possui uma diferença de 2 habitantes, quando comparada as duas tabelas, considerada insignificante e resultante de arredondamento na TABELA 26; e
- Calculando-se a taxa de crescimento geométrico, da tabela do PMSB, observa-se que ela decresce, partindo de uma taxa de 0,32% entre os anos de 2010 e 2015 até 0,10% entre os anos de 2035 e 2036.

Apesar das diferenças observadas, nota-se uma convergência dos dados, quando se compara a população urbana estimada pelo PMSB e a população estimada com a taxa de crescimento constante de 0,41% do presente trabalho. Por exemplo, para o ano de 2015 o PMSB estimou uma população de 12.657 habitantes e, para o mesmo ano, a população estimada no presente trabalho foi de 12.707 habitantes. Já para o ano de 2036, último ano estimado no PMSB, as populações foram de 13.180 e 13.837, respectivamente no PMSB e no presente trabalho.

A partir da análise realizada, optou-se por utilizar o estudo populacional apresentado no presente trabalho, em função das seguintes justificativas:

- Foram utilizados os dados dos três últimos censos do IBGE, enquanto o PMSB utilizou apenas dois;
- O período de evolução analisado no PMSB foi menor do que a proposta no presente trabalho e com uma taxa geométrica de crescimento decrescente; e
- Quando comparadas as populações estimadas pelo PMSB e as apresentadas com uma taxa de 0,41%, na pesquisa, observa-se uma convergência da população estimada.

Isto posto, resta a definição de qual das três populações estimadas deverá ser utilizada para a concepção do sistema. Comparando-se as três populações para o ano de 2055, final de plano, observa-se uma diferença de aproximadamente 16,5% entre a população 3 e a população 2, com a menor taxa, e de aproximadamente 38,1% entre a população 1 e a população 2.

Nesse sentido, cabe se valer das informações presentes no PMSB, onde foram avaliados três cenários socioeconômicos para o município, o cenário atual, moderado e otimista. No que tange a demografia, o cenário atual apresenta-se com uma taxa média anual de crescimento negativa, enquanto para o cenário moderado

ocorre uma estabilização do crescimento demográfico e para o otimista um crescimento positivo próximo a 1,3%.

Para os sistemas de saneamento, a adoção de crescimentos negativos pode resultar em um subdimensionamento dos sistemas, considerando que no cenário atual apresenta um baixo crescimento da economia e como em um período de 30 anos esta realidade pode mudar, descarta-se o crescimento negativo e também a estabilização do crescimento. Porém, a adoção de uma taxa muito maior do que a observada, pode resultar em um dimensionamento exagerado das estruturas.

Em função dessa análise optou-se no presente, pela utilização da população calculada com uma taxa geométrica de crescimento populacional de 0,75%, ou seja, a população 3 da TABELA 26 (p. 169), obtendo-se assim um coeficiente de segurança no dimensionamento das estruturas.

Observa-se ainda, que os gestores do sistema, deverão realizar um acompanhamento do crescimento populacional, de maneira a auxiliar a tomada de decisões com relação aos períodos de ampliação do sistema e alcance de atendimento.

5.3.5 Vazões de dimensionamento

5.3.5.1 Esgoto

As vazões de dimensionamento de esgotos devem ser determinadas para duas concepções, a vazão de dimensionamento da rede coletora e a de dimensionamento do tratamento de efluentes. Considerando a ferramenta aplicada em nível de planejamento, salienta-se aqui que o dimensionamento será realizado para o ano de 2055, em função de que o objetivo nessa etapa é comparar as diversas alternativas de sistema. O estagiamento do sistema, quer seja para a rede coletora ou o tratamento, pode ser realizado em etapa posterior, durante o projeto de engenharia.

A primeira faz uso das equações apresentadas no QUADRO 3 (p. 77) considerando para a vazão inicial aquela de início de plano, que no caso é para a população de 2025. Para a vazão final, considera-se a população de final de plano, no caso 2055.

O dimensionamento do sistema de tratamento será realizado para a vazão sanitária média, de final de plano, calculada a partir da equação 04 (p. 77) acrescida

das vazões de infiltração e singular. Além dessa, deve-se também utilizar a equação 06, para final de plano.

Com relação ao per capita de água, observa-se que no PMSB foi apresentado o consumo per capita de água micromedido, ou seja, medido nos hidrômetros das economias já após as perdas na produção e distribuição de água, resultando em um valor de 145,97 L/hab.dia (LIMA et al., 2017).

Comparando-se esse valor com os apresentados na TABELA 1 (p. 73), nota-se que está dentro da faixa citada para cidades pequenas. Quando comparado com o valor apresentado na TABELA 3 (p. 74), este se apresenta um pouco acima da média estimada para a região Centro-Oeste do Brasil, porém, muito abaixo do valor médio do país, quando comparado com o valor da TABELA 2 (p. 74).

Considerando um coeficiente de retorno recomendado pelas normas da ABNT de 0,8, haja visto a falta de dados para a estimativa precisa, o per capita de contribuição de esgotos resulta em 116,8 L/hab.dia, utilizado para a determinação das vazões de contribuição de esgotos, abaixo do recomendado pela TABELA 4 (p. 75), lembrando que estes são valores de referência para os Estados Unidos, e entre os valores de 100 L/hab.dia e 130 L/hab.dia, apresentados na TABELA 5 (p. 75), respectivamente para residências de padrão baixo e médio, realidade da grande maioria de residências do município de Nobres.

Para os coeficientes de majoração k_1 e k_2 , serão utilizados os valores, respectivos, de 1,2 e 1,5 sugeridos pelas normas da ABNT, em função da falta de dados para uma determinação mais precisa. Recomenda-se, porém, que na existência de dados, os valores sejam efetivamente calculados.

Com relação à taxa de infiltração, as normas da ABNT NBR 9649 e NBR 14486, recomendam valores entre a faixa de 0,05 a 1,00 L/s.km e 0,01 a 1,00 L/s.km de rede, respectivamente.

Para o presente estudo optou-se pela adoção do valor 0,25 L/s.km, em função da existência de água subterrânea, como apresentado no PMSB. De maneira a se estimar a vazão de infiltração, ano a ano, foi calculada a extensão de rede por habitante, utilizando-se a população total de 17.425 habitantes em 2055 e a extensão de rede total, lançada para a cidade de 69.763 m, este último apresentado em item subsequente, o que resultou em uma extensão de aproximadamente 4 m/hab de extensão de rede.

Não foram observadas contribuições singulares, significativas, que justificassem a análise em separado para o município de Nobres.

A porcentagem de atendimento considerada foi de 98% já em 2025, considerada otimista, porém possível de ser atendida.

A partir da população estimada e dos parâmetros anteriormente citados, calculou-se as vazões, ano a ano, para a rede coletora e o tratamento de efluentes, as quais são apresentadas nos Apêndices 7 e 8, respectivamente.

A TABELA 27 e a TABELA 28 apresentam, respectivamente, o resumo das vazões de cinco em cinco anos para a rede coletora e o tratamento de esgotos.

TABELA 27 – VAZÃO TOTAL DE ESGOTOS ESTIMADA PARA A REDE COLETORA DE ESGOTOS

Ano	Q (L/s)	
	Inicial	Final
2025	41,33	46,87
2035	44,54	50,50
2045	47,99	54,41
2055	52,06	58,99

FONTE: AUTOR.

TABELA 28 – VAZÃO TOTAL DE ESGOTOS ESTIMADA PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS

Ano	Q sanitária (L/s)		
	Média	Máxima Diária	Máxima horária
2025	32,11	35,80	46,87
2035	34,60	38,58	50,50
2045	37,28	41,56	54,41
2055	40,52	45,14	58,99

FONTE: AUTOR.

5.3.5.2 Drenagem

As vazões de dimensionamento da rede de drenagem, diferentemente das vazões de rede de esgotos, são calculadas trecho a trecho em função da bacia de drenagem afluente ao coletor e do tempo de escoamento dentro do coletor.

Isto posto, a metodologia adotada para a determinação das vazões de dimensionamento é a do método racional, apresentada ao final do item 4.5.5.1.

Para Nobres, Oliveira et al. (2011) determinaram os parâmetros K , t_0 , m , n da equação 20 (p. 97) apresentada. Assim, no dimensionamento da rede de drenagem,

foi utilizada a equação 30 apresentada a seguir, com as unidades apresentadas na equação geral 20.

$$i = \frac{957,1419.T_r^{0,1375}}{(t+9,7854)^{0,7242}} \quad (\text{Eq. 30})$$

O tempo de recorrência assumido foi de 5 anos com um tempo de concentração mínimo de 10 minutos. O coeficiente de escoamento superficial base, assumido para o pavimento das ruas, lotes e áreas com cobertura vegetal, a exceção dos lotes, foi, respectivamente, 0,9, 0,6 e 0,3, de acordo com os valores sugeridos na TABELA 12 (p. 98), TABELA 13 (p. 98) e TABELA 14 (p. 99). Observa-se que os valores desse último parâmetro foram considerados para os cenários com sistema de drenagem sem a aplicação do SUDS. Para os cenários com SUDS, foi avaliado caso a caso o impacto da ação sobre o coeficiente de escoamento superficial.

5.3.6 Bacias de Contribuição

As bacias de contribuição, para a determinação das vazões localizadas de esgoto e de águas pluviais, atendem a necessidade dos dois sistemas avaliados, tanto o SSA quanto o SUA, haja visto que, de maneira econômica, procura-se acompanhar a topografia do terreno para sua delimitação.

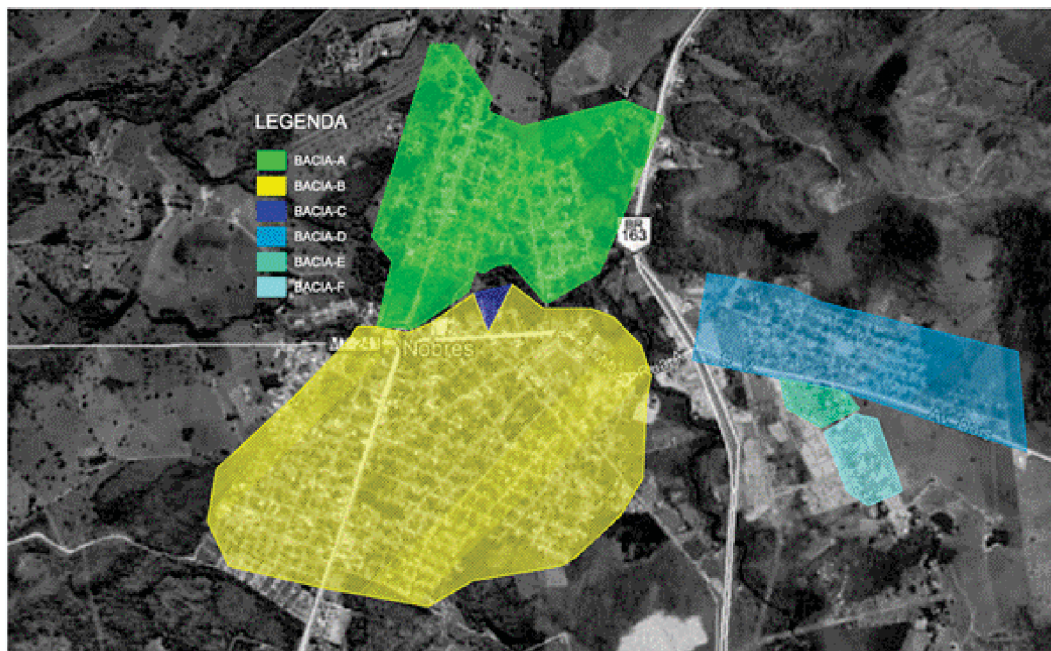
No primeiro são as unidades balizadoras de vazões para os trechos a serem dimensionados das redes coletoras e para a localização da estação de tratamento, no caso do sistema de esgotos. No segundo, tem a mesma função, porém, agora as duas vazões, de esgoto tratado e águas pluviais, serão transportadas pela rede drenagem.

Assim, de maneira geral, as bacias delimitadas e apresentadas no presente item, poderão ser utilizadas em qualquer um dos sistemas a serem avaliados. Observa-se que podem ocorrer subdivisão dessas bacias, principalmente no que concerne o sistema de esgotamento sanitário, quando, por exemplo, assume-se uma concepção descentralizada para o tratamento, de maneira a se subdividir a bacia de esgotamento em uma parcela transportando esgoto bruto, por uma rede esgotos e após o tratamento o efluente tratado é transportado pela rede de drenagem.

Em Nobres foram delimitadas 6 bacias de esgotamento sanitário, nomeadas de A a F, e para a drenagem 9 grandes bacias, denominadas de A a I, e 10 pequenas

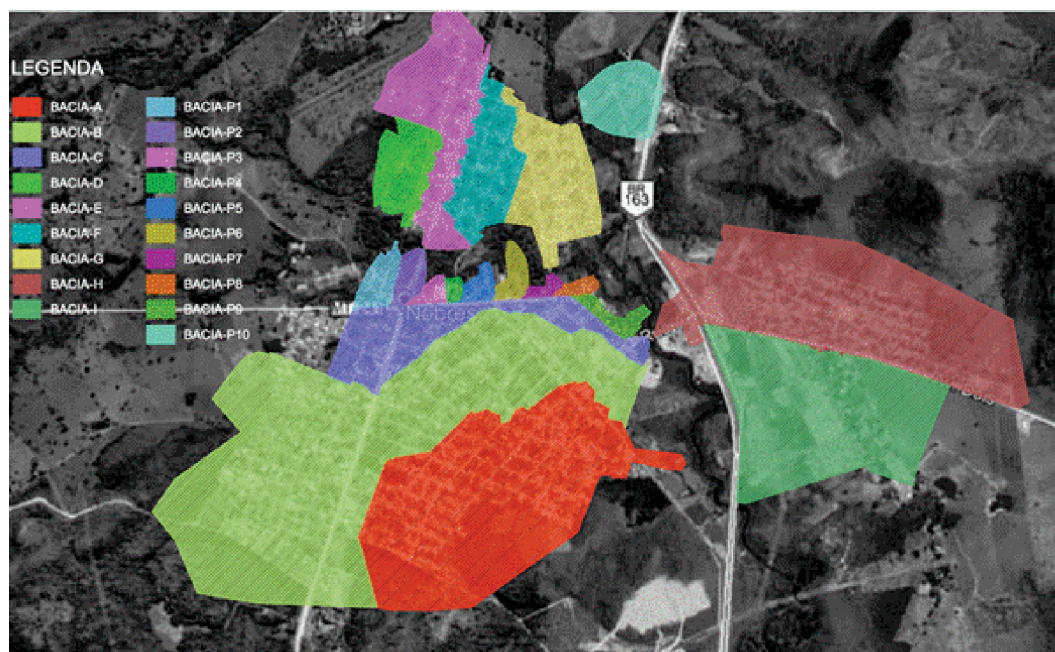
bacias, denominadas Bp-1 a Bp-10. A FIGURA 48 e FIGURA 49 apresentam, respectivamente, as bacias de esgotamento e de drenagem citadas.

FIGURA 48 – BACIAS DE ESGOTAMENTO DE NOBRES



FONTE: AUTOR.

FIGURA 49 – BACIAS DE DRENAGEM DE NOBRES



FONTE: AUTOR.

5.3.7 Escolha das Alternativas

A escolha preliminar das alternativas de SSA e SUA, foi realizada através da aplicação do modelo de pontuação, citado em Taylor III (2016), e apresentado no item 4.7.2 (p. 129).

Como base de alternativas, utilizou-se o QUADRO 19 (p. 140) que apresenta 29 sugestões de alternativas globais de SSA e SUA. Foram analisados os riscos das alternativas, considerando o uso dos efluentes e das águas pluviais, assim como o tratamento centralizado, descentralizado e individual dos esgotos gerados, resultando em 9 macro alternativas, observando que o QUADRO 19 apresenta 29 variações dessas 9 alternativas pré-avaliadas.

Os critérios estabelecidos, para essa pré avaliação, foram:

- Risco de contaminação da população – considerou-se o risco de contaminação da população, através do uso ou não das águas pluviais, com e sem SUDS, e dos esgotos sanitários tratados. Nesse critério, quanto menor a pontuação, menor risco existe, sendo pontuação 1 de baixo risco, 2 de risco médio e 3 de alto risco;
- Risco de contaminação ambiental – considerou-se o risco de contaminação do meio ambiente, também para as águas pluviais com SUDS e sem SUDS, e dos esgotos tratados. Da mesma maneira que o risco de contaminação da população, quanto menor a pontuação menor é o risco, sendo pontuação 1 de baixo risco, 2 de risco médio e 3 de alto risco;
- Estrutura para a operação do sistema – considerando a necessidade de operação de cada sistema, em termos de equipes para operação de cada sistema nas alternativas. Para esse critério quanto menor for a pontuação, melhor é a alternativa, sendo pontuação 1 para baixa quantidade de estrutura de operação, 2 para média e 3 alta; e
- Estrutura físicas para o sistema – Instalações físicas operadas pela concessionária. Mesma lógica de pontuação que para a estrutura de operação do sistema, ou seja, quanto menor a pontuação melhor é a alternativa, sendo 1 para baixa quantidade de estruturas, 2 para média quantidade e 3 para alta.

Os pesos de relevância dos critérios foram definidos de 0 a 1, totalizando 1 para a soma de todos os pesos estabelecidos para os critérios. Assim, considerando o sistema de pontuação adotado, quanto menor for o valor total da soma ponderada pelos pesos dos critérios melhor será a alternativa.

O QUADRO 20 apresenta a matriz de avaliação resultante, para as alternativas e critérios escolhidos.

QUADRO 20 – MATRIZ DE PRÉ-AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE DRENAGEM E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ALTERNATIVAS	Risco de contaminação da população	Risco de contaminação ambiental	Estrutura para a operação do sistema	Estruturas físicas para o sistema	Pontuação
PESO	0,4	0,3	0,2	0,1	
Tratamento individual dos esgotos com uso	3	3	1	1	2,40
Tratamento descentralizado dos esgotos com uso	2	2	3	3	2,30
Tratamento centralizado dos esgotos com uso	2	2	2	2	2,00
Tratamento individual dos esgotos sem uso	1	3	1	1	1,60
Tratamento descentralizado dos esgotos sem uso	1	2	3	3	1,90
Tratamento centralizado dos esgotos sem uso	1	1	2	2	1,30
Águas pluviais sem SUDS e com uso	3	2	2	2	2,40
Águas pluviais com SUDS e com uso	2	1	3	3	2,00
Águas pluviais sem SUDS e sem uso	1	3	1	1	1,60
Águas pluviais com SUDS e sem uso	1	1	2	2	1,30

FONTE: AUTOR.

Quando comparadas as pontuações das alternativas, para a avaliação proposta, segundo os pesos assumidos, observa-se claramente que as opções com uso tanto de água de chuva quanto de esgoto tratado, são as piores classificadas, descartadas prontamente, em vista do grau de relevância dado para o risco de contaminação da população e, em menor grau, do meio ambiente. Destacam-se as 5 alternativas sem uso, porém, para alternativa de tratamento descentralizado de esgotos, a mesma se torna menos vantajosa que as demais 4 alternativas restantes, em função da necessidade de maior quantidade de áreas de tratamento de esgotos operadas pela concessionária.

Assim, combinando os dois sistemas, drenagem e esgotamento sanitário, manteve-se duas alternativas para o SSA e duas alternativas para o SUA, apresentadas no QUADRO 21.

QUADRO 21 – ALTERNATIVAS A SEREM AVALIADAS

Sistema	Esgoto	Drenagem
SSA	Coleta, tratamento centralizado e disposição	Convencional e Disposição
	Coleta, tratamento centralizado e disposição	SUDS com coleta e Disposição
SUA	Tratamento Individualizado e rede de coleta junto com drenagem e disposição	Convencional, junto com esgoto tratado e disposição
	Tratamento Individualizado e rede de coleta junto com drenagem e disposição	SUDS, o que escoar superficialmente ou passa por uma alternativa de SUDS junta-se ao esgoto tratado em uma só rede e vai disposição final

FONTE: AUTOR.

5.3.8 Pré-dimensionamento das Alternativas de SSA e SUA para Nobres

5.3.8.1 Redes coletoras de esgoto – SSA

A rede coletora de esgotos das duas alternativas do SSA, é basicamente a mesma. Assim, a rede foi dimensionada segundo a metodologia apresentada no item a), tendo como base, para a vazão inicial o ano de 2025 e final o ano de 2055, apresentadas na TABELA 27 (p. 175). Essas vazões foram divididas pela extensão total de rede, originando uma taxa de contribuição linear de 0,59249 L/s.km, para a vazão inicial e 0,84551 L/s.km para a vazão de final de plano. A partir do lançamento da rede, foi possível discretizar o total de rede por bacia de esgotamento, apresentadas na FIGURA 48 (p. 177), determinando assim a contribuição em cada bacia de esgotamento.

A TABELA 29 apresenta a extensão de rede por bacia de esgotamento, bem como as vazões totais resultantes.

TABELA 29 – VAZÃO POR BACIA DE ESGOTAMENTO PARA AS ALTERNATIVAS DO SSA DE NOBRES

Bacia de esgotamento	Extensão de rede por bacia (m)	Vazão (L/s)	
		Qi 2025	Qf 2055
A	15977	9,47	13,51
B	37945	22,48	32,08
C	188	0,11	0,16
D	12873	7,63	10,88
E	1105	0,65	0,93
F	1675	0,99	1,42
Total	69763	41,33	58,99

FONTE: AUTOR.

A partir do lançamento e das vazões estimadas, foi então realizado o dimensionamento da rede que resultaram em um total de 2014 trechos. O Apêndice

9 apresenta, como exemplo, o dimensionamento dos primeiros 28 trechos da bacia A. A FIGURA 50 apresenta a rede coletora com a identificação dos diâmetros, enquanto na TABELA 30 é apresentado o resumo dos diâmetros por extensão resultantes. Cabe observar que, foi prevista a implantação de uma estação elevatória recebendo os esgotos da bacia C e enviando para a Bacia B.

FIGURA 50 – REDE COLETORA DE ESGOTOS SSA DE NOBRES



FONTE: AUTOR.

TABELA 30 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS POR DIÂMETRO PARA AS ALTERNATIVAS DO SSA DE NOBRES

DN	Material	Extensão (m)
100	PVC	63396
150	PVC	4437
200	PVC	1120
250	PVC	776
350	PVC	34

FONTE: AUTOR.

A partir do dimensionamento realizado foi estimado os materiais de escavação, areia para assentamento e terra para disposição (bota fora) da rede coletora. Observa-se que foram assumidos, um solo estável e o assentamento sem escoramento, porém, essas adoções devem ser verificadas em um projeto de

engenharia e executivo. Além disso, cabe citar que na prática tem-se adotado diâmetros mínimos de 150 mm para redes coletoras em função da possibilidade de entupimento e dificuldade de limpeza. Porém, no presente trabalho, assumiu-se o diâmetro mínimo de 100 mm especificado em norma.

A TABELA 31 apresenta o resumo quantitativo de matérias de assentamento, estimados para a rede coletora dimensionada, e no Apêndice 10 é apresentado um exemplo da planilha de estimativa de materiais.

TABELA 31 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS PARA AS ALTERNATIVAS DO SSA DE NOBRES

Material	Volume (m³)
Escavação (sem empolamento)	14.380
Areia	1.270
Terra para disposição	3.915

FONTE: AUTOR.

O orçamento estimativo de implantação foi realizado tendo como base a TABELA 30.

5.3.8.2 Rede coletora de drenagem – SSA sem SUDS

A rede coletora de drenagem foi dimensionada de acordo com a metodologia apresentada no item b), e as vazões e coeficientes de escoamento superficial apresentados no item 5.3.5.2. Para o sistema SSA foram assumidos os parâmetros de sedimentos apresentados na TABELA 32 e os critérios adicionais e de verificação da TABELA 33.

TABELA 32 – PARÂMETROS DOS SEDIMENTOS A SEREM TRANSPORTADOS PELA REDE DE DRENAGEM

Parâmetro	Valor
Temperatura da água (°C)	20
Tamanho da Partícula a ser transportada (mm)	1
Peso específico relativo do sedimento	2,7
Concentração a ser transportada (mg/L)	1000

FONTE: AUTOR.

Observa-se ainda que nem todas as ruas possuirão redes de drenagem, principalmente as da periferia do município, sendo a drenagem inicial realizada superficialmente por sarjetas e bocas-de-lobo, sendo esses últimos conectados então à rede coletora. Porém, considerando que o maior custo do sistema de drenagem convencional é o da rede coletora e que tanto no SSA quanto no SUA existirão as

mesmas quantidades de bocas-de-lobo e comprimentos de sarjetas, essas estruturas não foram consideradas nos dois sistemas. Salienta-se que as mesmas devem ser computadas na fase de orçamento dos projetos de engenharia e executivo.

TABELA 33 – CRITÉRIOS ADICIONAIS E DE VERIFICAÇÃO PARA O DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM DO SSA DE NOBRES

Critério	Valor
Profundidade mínima (m)	0,9
Profundidade máxima (m)	6,0
Tempo de recorrência (anos)	5
Tempo de concentração mínimo (minutos)	10
Velocidade máxima (m/s)	5
Critério de velocidade mínima transporte como <i>bedload</i>	OTA
Critério de velocidade mínima transporte em suspensão	MACKE
Coeficiente de rugosidade sólido/sólido concreto (k)	0,7
Coeficiente de rugosidade sólido/sólido pvc (k)	0,3
Coeficiente de rugosidade tubulação (n)	VARIÁVEL COM O DIÂMETRO

FONTE: AUTOR.

A partir do lançamento da rede coletora, foi então realizado o dimensionamento da rede que resultaram em um total de 531 trechos. O Apêndice 11 apresenta, como exemplo, a planilha de dimensionamento.

A FIGURA 51 apresenta a rede coletora com a identificação dos diâmetros, enquanto na TABELA 34 é apresentado o resumo dos diâmetros por extensão resultantes, resultando em uma extensão total de 41.854 m.

FIGURA 51 – REDE DE DRENAGEM SSA SEM SUDS DE NOBRES



FONTE: AUTOR.

TABELA 34 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE DRENAGEM POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SSA SEM SUDS DE NOBRES

DN	Material	Extensão (m)	Porcentagem da rede
300	PVC	3983	9,52%
400	PVC	3918	9,36%
500	Concreto	6002	14,34%
600	Concreto	4893	11,69%
700	Concreto	2832	6,77%
800	Concreto	3781	9,03%
900	Concreto	2512	6,00%
1000	Concreto	2328	5,56%
1100	Concreto	767	1,83%
1200	Concreto	1202	2,87%
1300	Concreto	1034	2,47%
1400	Concreto	415	0,99%
1500	Concreto	1423	3,40%
1600	Concreto	746	1,78%
1700	Concreto	431	1,03%
1800	Concreto	393	0,94%
1900	Concreto	553	1,32%
2000	Concreto	541	1,29%
2100	Concreto	2527	6,04%
2200	Concreto	448	1,07%
2300	Concreto	103	0,25%
2600	Concreto	314	0,75%
2800	Concreto	302	0,72%
2900	Concreto	407	0,97%

FONTE: AUTOR.

Da mesma maneira, e com as mesmas considerações, que a realizada para a rede coletora de esgotos, a partir do dimensionamento foi estimado os materiais de escavação, areia para assentamento e terra para disposição (bota fora) da rede coletora, os quais são apresentados na TABELA 35. O Apêndice 12 apresenta o exemplo da planilha de estimativa de material.

TABELA 35 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PARA O SSA SEM SUDS DE NOBRES

Material	Volume (m³)
Escavação (sem empolamento)	301.844
Areia	11.274
Terra para disposição	79.771

FONTE: AUTOR.

O orçamento estimativo de implantação será realizado tendo como base a TABELA 34.

5.3.8.3 Rede coletora de drenagem – SSA com SUDS

O pré-dimensionamento da rede coletora da alternativa de SSA com SUDS foi realizado a partir das mesmas premissas utilizadas no para a alternativa sem SUDS, ou seja, considerando os parâmetros e critérios apresentados na TABELA 32 (p. 182) e TABELA 33 (p. 183), respectivamente.

Observa-se que a diferença nessa a alternativa foi a adoção do SUDS valas de infiltração ao longo do arruamento da cidade, o que diminui, significativamente, os volumes de água a serem transportados pela rede coletora representado, no dimensionamento, pelo coeficiente de escoamento superficial C . Assim, para a alternativa com SUDS, todas as áreas de drenagem com coeficientes C de 0,6 (área residencial) e 0,9 (arruamento), foram assumidos 0,3 com a implantação das valas de infiltração, para as grandes bacias de A a I. O dimensionamento e os critérios assumidos para as valas de infiltração são apresentados em item subsequente.

A FIGURA 52 apresenta a configuração, com os diâmetros resultantes, da rede coletora da alternativa, enquanto na TABELA 36 são resumidos os diâmetros por extensão e material. A extensão total de rede é a mesma da alternativa sem SUDS de 41.854 m.

FIGURA 52 – REDE DE DRENAGEM SSA COM SUDS DE NOBRES



FONTE: AUTOR.

TABELA 36 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE DRENAGEM POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SSA COM SUDS DE NOBRES

DN	Material	Extensão (m)	Porcentagem da rede
300	PVC	6665	15,92%
400	PVC	5184	12,39%
500	Concreto	6341	15,15%
600	Concreto	4390	10,49%
700	Concreto	4352	10,40%
800	Concreto	2360	5,64%
900	Concreto	2627	6,28%
1000	Concreto	930	2,22%
1100	Concreto	1259	3,01%
1200	Concreto	1305	3,12%
1300	Concreto	536	1,28%
1400	Concreto	120	0,29%
1500	Concreto	1253	2,99%
1600	Concreto	963	2,30%
1700	Concreto	910	2,17%
1800	Concreto	1635	3,91%
1900	Concreto	65	0,16%
2000	Concreto	49	0,12%
2200	Concreto	100	0,24%
2600	Concreto	809	1,93%

FONTE: AUTOR.

Os quantitativos de material de escavação, assentamento e terra para disposição, são apresentados na TABELA 37.

TABELA 37 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PARA O SSA COM SUDS DE NOBRES

Material	Volume (m³)
Escavação (sem empolamento)	235.035
Areia	9.911
Terra para disposição	65.524

FONTE: AUTOR.

5.3.8.4 Rede coletora combinada – SUA sem SUDS

O SUA avaliado considera a implantação de tratamento individual constituído de Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio. A rede combinada alternativa terá o mesmo traçado apresentado para a rede de drenagem do SSA, adicionando-se a essa os trechos de conexão entre o sistema de tratamento individual e a rede de águas pluviais. O dimensionamento da rede combinada foi realizado de acordo com a metodologia apresentada no item b).

Para o sistema de tratamento, como apresentado na FIGURA 12 (p. 85), uma remoção de SST de 80%. Considerando uma concentração de 300 mg/L, de um esgoto com concentração média (METCALF & EDDY, 2003), a concentração de SST

no esgoto tratado será de 60 mg/L. Essa foi a concentração de sólidos do esgoto tratado assumido para o dimensionamento das tubulações recebendo esgoto tratado para direcionar à rede de drenagem. As demais características dos sólidos foram aquelas apresentadas na TABELA 32 (p. 182). Observa-se que, para os trechos combinados, com esgoto tratado e águas pluviais, as características dos sólidos são, em sua totalidade, as apresentadas na TABELA 32.

Para todos os trechos foram assumidos os critérios apresentados na TABELA 33 (p. 183).

Com relação às vazões de esgoto tratado, foram assumidas as vazões das bacias de contribuição apresentadas na TABELA 27 (p. 175). Foram, então, identificadas as interseções entre as bacias de esgoto e bacias de drenagem, apresentadas, respectivamente, na FIGURA 48 (p. 177) e FIGURA 49 (p. 177). Observou-se assim que a bacia C de esgoto descarrega inteiramente na bacia C de drenagem, a bacia D inteiramente na bacia de drenagem H, enquanto as bacias E e F de esgoto descarregam na bacia I de drenagem. As bacias A e B de esgoto, devido à sua área de influência, tem sua intercessão, respectivamente, com as bacias D/E/F/G e A/B/C de drenagem. Assim, a bacia A de esgotos foram subdivididas em 8 sub-bacias AA a AH e a bacia B em 18 sub-bacias. Para cada sub-bacia foram determinadas as áreas específicas, determinando assim a porcentagem dessas em relação à área total da bacia e as vazões de esgoto foram, então, distribuídas através dessas porcentagens. A TABELA 38 apresenta as vazões totais a serem distribuídas, por sub-bacia da bacia A e a TABELA 39 apresenta as vazões proporcionais distribuídas nas áreas de drenagem da mesma bacia.

TABELA 38 – VAZÕES TOTAIS DAS SUB-BACIAS DA BACIA A DE ESGOTOS

Bacia A de esgoto	Área (m²)	Porcentagem	Vazão (L/s)	
			Qi	Qf
AA	382028	28,22%	2,67	3,81
AB	46134	3,41%	0,32	0,46
AC	211266	15,61%	1,48	2,11
AD	501574	37,06%	3,51	5,01
AE	15784	1,17%	0,11	0,16
AF	49596	3,66%	0,35	0,49
AG	6868	0,51%	0,05	0,07
AH	140306	10,37%	0,98	1,40
TOTAL	1353556	100,00%	9,47	13,51

FONTE: AUTOR.

TABELA 39 – DISTRIBUIÇÃO DE VAZÕES DA BACIA A DE ESGOTOS NAS BACIAS DE DRENAGEM

Bacia A de esgoto	Bacias de drenagem												
	Bacia de descarga	Porcentagem				Qi (L/s)				Qj (L/s)			
		D	E	F	G	D	E	F	G	D	E	F	G
AA	D/E	20%	80%	0%	0%	0,53	2,14	0,00	0,00	0,76	3,05	0,00	0,00
AB	E	0%	100%	0%	0%	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00
AC	F/G	0%	0%	80%	20%	0,00	0,00	1,18	0,30	0,00	0,00	1,69	0,42
AD	G	70%	0%	0%	0%	2,46	0,00	0,00	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00
AE	F	0%	0%	100%	0%	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00
AF	E/F	0%	10%	90%	0%	0,00	0,03	0,31	0,00	0,00	0,05	0,45	0,00
AG	F	0%	0%	100%	0%	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
AH	E	0%	100%	0%	0%	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00
TOTAL	-	-	-	-	-	2,99	3,48	1,65	0,30	4,27	4,96	2,36	0,42

FONTE: AUTOR.

Para a bacia de esgotos B a TABELA 40 e TABELA 41 apresentam, respectivamente, as vazões totais e a distribuição nas bacias de drenagem.

TABELA 40 – VAZÕES TOTAIS DAS SUB-BACIAS DA BACIA B DE ESGOTOS

Bacia B de esgoto	Área (m²)	Porcentagem	Vazão (L/s)	
			Qi	Qf
BA	644118	23,20%	5,22	7,44
BB	111750	4,02%	0,90	1,29
BC	146524	5,28%	1,19	1,69
BD	808589	29,12%	6,55	9,34
BE	247544	8,92%	2,00	2,86
BF	181876	6,55%	1,47	2,10
BG	101200	3,64%	0,82	1,17
BH	91006	3,28%	0,74	1,05
BI	44825	1,61%	0,36	0,52
BJ	14979	0,54%	0,12	0,17
BK	10913	0,39%	0,09	0,13
BL	60504	2,18%	0,49	0,70
BM	10406	0,37%	0,08	0,12
BN	5803	0,21%	0,05	0,07
BO	8487	0,31%	0,07	0,10
BP	5854	0,21%	0,05	0,07
BQ	257677	9,28%	2,09	2,98
BR	24449	0,88%	0,20	0,28
TOTAL	2776505	100,00%	22,48	32,08

FONTE: AUTOR.

Observa-se que as vazões de esgotos apresentadas foram distribuídas pelas extensões de rede das respectivas bacias de drenagem. A partir dos dados e parâmetros citados, foi então dimensionada a rede coletora combinada, resultando em 897 trechos dimensionados. O Apêndice 13 apresenta o exemplo de dimensionamento da rede combinada, com destaque na cor ocre dos trechos de tubulações de transporte de efluente tratado apenas.

TABELA 41 – DISTRIBUIÇÃO DE VAZÕES DA BACIA B DE ESGOTOS NAS BACIAS DE DRENAGEM

Bacia B de esgoto	Bacias de drenagem									
	Bacia de descarga	Porcentagem			Qi (L/s)			Qj (L/s)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
BA	B/C	0%	70%	30%	0,00	3,65	1,56	0,00	5,21	2,23
BB	B/C	0%	60%	40%	0,00	0,54	0,36	0,00	0,77	0,52
BC	A/B/C	60%	30%	10%	0,71	0,36	0,12	1,02	0,51	0,17
BD	A/B	30%	70%	0%	1,96	4,58	0,00	2,80	6,54	0,00
BE	A/B	80%	20%	0%	1,60	0,40	0,00	2,29	0,57	0,00
BF	A/B	80%	20%	0%	1,18	0,29	0,00	1,68	0,42	0,00
BG	A/B	90%	10%	0%	0,74	0,08	0,00	1,05	0,12	0,00
BH	B	0%	100%	0%	0,00	0,74	0,00	0,00	1,05	0,00
BI	C	0%	0%	100%	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,52
BJ	C	0%	0%	100%	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,17
BK	C	0%	0%	100%	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,13
BL	B/C	0%	80%	20%	0,00	0,39	0,10	0,00	0,56	0,14
BM	B	0%	100%	0%	0,00	0,08	0,00	0,00	0,12	0,00
BN	C	0%	0%	100%	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,07
BO	B	0%	100%	0%	0,00	0,07	0,00	0,00	0,10	0,00
BP	B	0%	100%	0%	0,00	0,05	0,00	0,00	0,07	0,00
BQ	C	0%	0%	100%	0,00	0,00	2,09	0,00	0,00	2,98
BR	C	0%	0%	100%	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,28
TOTAL	-	-	-	-	6,20	11,24	5,05	8,84	16,04	7,20

FONTE: AUTOR.

A FIGURA 53 apresenta a rede coletora com a identificação dos diâmetros, enquanto na TABELA 42 é apresentado o resumo dos diâmetros por extensão resultantes, resultando em uma extensão total de 69.706 m. Para o escoramento e tipo de solo, foram assumidas as mesmas condições das redes anteriores.

FIGURA 53 – REDE COMBINADA SUA SEM SUDS DE NOBRES



FONTE: AUTOR.

TABELA 42 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA COMBINADA POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SUA SEM SUDS DE NOBRES

DN	Material	Extensão (m)	Porcentagem
100	PVC	27852	39,96%
300	PVC	3977	5,71%
400	PVC	2962	4,25%
500	CONCRETO	6137	8,80%
600	CONCRETO	5137	7,37%
700	CONCRETO	3229	4,63%
800	CONCRETO	3605	5,17%
900	CONCRETO	2046	2,94%
1000	CONCRETO	2788	4,00%
1100	CONCRETO	785	1,13%
1200	CONCRETO	1551	2,23%
1300	CONCRETO	804	1,15%
1400	CONCRETO	985	1,41%
1500	CONCRETO	889	1,28%
1600	CONCRETO	975	1,40%
1700	CONCRETO	517	0,74%
1800	CONCRETO	273	0,39%
1900	CONCRETO	673	0,97%
2000	CONCRETO	532	0,76%
2100	CONCRETO	1410	2,02%
2200	CONCRETO	1455	2,09%
2300	CONCRETO	103	0,15%
2500	CONCRETO	214	0,31%
2600	CONCRETO	100	0,14%
2700	CONCRETO	224	0,32%
2800	CONCRETO	160	0,23%
2900	CONCRETO	325	0,47%

FONTE: AUTOR.

A partir do dimensionamento foi estimado os materiais de escavação, areia para assentamento e terra para disposição (bota fora) da rede coletora, os quais são apresentados na TABELA 43.

TABELA 43 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE COMBINADA PARA O SUA SEM SUDS DE NOBRES

Material	Volume (m³)
Escavação (sem empolamento)	325.694
Areia	14.183
Terra para disposição	88.354

FONTE: AUTOR.

O orçamento estimativo de implantação foi realizado tendo como base a TABELA 42.

5.3.8.5 Rede coletora combinada – SUA com SUDS

A rede coletora combinada com a implantação de SUDS, foi desenvolvida com os mesmos critérios, parâmetros e distribuições de vazões de esgoto tratado na rede drenagem, assumidos para o SUA sem SUDS.

O SUDS considerado, para o pré-dimensionamento da rede coletora da presente alternativa, foi, da mesma maneira que o cenário SSA com SUDS, vala de infiltração, a qual impacta diretamente nas vazões de águas pluviais a serem transportadas, como explicitado anteriormente. Os critérios, parâmetros e pré-dimensionamento das valas de infiltração são apresentados em item subsequente.

A FIGURA 54 apresenta a configuração final da rede coletora, com os diâmetros resultantes destacados, e a TABELA 44 apresenta as extensões totais de tubulação, por diâmetro e material.

FIGURA 54 – REDE COMBINADA SUA COM SUDS DE NOBRES



FONTE: AUTOR.

TABELA 44 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE DRENAGEM POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SUA COM SUDS DE NOBRES (Continua)

DN	Material	Extensão (m)	Porcentagem da rede
100	PVC	27852	39,96%
300	PVC	6204	8,90%
400	PVC	4947	7,10%
500	CONCRETO	6578	9,44%
600	CONCRETO	4328	6,21%
700	CONCRETO	3859	5,54%

FONTE: AUTOR.

TABELA 44 – EXTENSÃO DE TUBULAÇÃO DA REDE COLETORA DE DRENAGEM POR DIÂMETRO PARA A ALTERNATIVA DO SUA COM SUDS DE NOBRES (Final)

DN	Material	Extensão (m)	Porcentagem da rede
800	CONCRETO	2962	4,25%
900	CONCRETO	2802	4,02%
1000	CONCRETO	1105	1,59%
1100	CONCRETO	1272	1,82%
1200	CONCRETO	1357	1,95%
1300	CONCRETO	536	0,77%
1500	CONCRETO	1015	1,46%
1600	CONCRETO	358	0,51%
1700	CONCRETO	1949	2,80%
1800	CONCRETO	1559	2,24%
1900	CONCRETO	114	0,16%
2100	CONCRETO	100	0,14%
2400	CONCRETO	100	0,14%
2600	CONCRETO	709	1,02%

FONTE: AUTOR.

Os volumes de materiais de escavação e assentamento de tubulações são apresentados na TABELA 45.

TABELA 45 – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE ASSENTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PARA O SUA COM SUDS DE NOBRES

Material	Volume (m³)
Escavação (sem empolamento)	263.317
Areia	12.839
Terra para disposição	74.533

FONTE: AUTOR.

5.3.8.6 Sistema de tratamento de esgotos – SSA e SUA

A determinação do sistema de tratamento de efluentes, para o SSA, foi desenvolvida utilizando a metodologia apresentada no sub-item a) do item 5.2.3.4 (p. 146). Porém, para aplicação da metodologia é necessária, primeiramente, a determinação do grau de eficiência requerido para o processo de tratamento.

5.3.8.6.1 Determinação do grau de eficiência de tratamento

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Nobres (LIMA et al., 2017), citando Simlam (2016), existem três corpos hídricos principais na área urbana da cidade, cujas características são apresentadas na TABELA 23 (p. 165).

Para a presente análise optou-se pela adoção do rio Ribeirão Nobres como futuro corpo receptor dos efluentes tratados da cidade de Nobres, pelas seguintes razões:

- Para o lançamento de efluentes no rio Cuiabá seria necessária a implantação de um emissário de aproximadamente 2,0 km; e
- O Ribeirão Nobres possui a menor vazão de 95% de permanência, exigindo um maior grau de tratamento, elevando o grau de segurança ambiental.

A Resolução CEHIDRO nº29, da Secretaria do Meio Ambiente do estado do Mato Grosso, apresenta as diretrizes para a outorga de diluição de efluentes em corpos hídricos do estado. A mesma estabelece o limite máximo individual de 50% da vazão de referência de 95% de permanência do corpo receptor. A resolução apresenta, ainda, a equação para o cálculo da vazão de diluição, a qual é reproduzida a seguir.

$$Q_{dil} = Q_{ef} \frac{(C_{ef} - C_{perm})}{(C_{perm} - C_{nat})} \quad (\text{Eq. 31})$$

Onde:

Q_{dil} – Vazão de diluição para determinado parâmetro de qualidade no ponto de lançamento (L/s)

Q_{ef} – Vazão do efluente que contém o parâmetro de qualidade analisado (L/s)

C_{ef} – Concentração do parâmetro de qualidade no efluente (mg/L)

C_{perm} – Concentração limite da classe de enquadramento ou meta intermediária de qualidade formalmente instituída do corpo receptor (mg/L)

C_{nat} – Concentração natural do parâmetro de qualidade no corpo hídrico onde é realizado o lançamento (mg/L)

Para a avaliação do tratamento necessário dos efluentes gerados em Nobres e lançados no rio Ribeirão Nobres, foram consideradas as seguintes premissas:

- Não existe ambiente lântico a jusante do ponto de lançamento dos efluentes tratados, assim, de início, desconsiderou-se a necessidade de remoção de nutrientes (N e P) e a nitrificação da amônia;
- Não existe captação a jusante do ponto de lançamento, tanto para recreação ou consumo humano e para dessedentação de animais, assim, de início, a necessidade de desinfecção dos efluentes pode ser postergada para o futuro;

- A partir das premissas anteriores, foi assumido o parâmetro de DBO como sendo o critério técnico de escolha do processo de tratamento;
- Considerou-se a análise de implantação para a população de final de plano e atendimento de 98% dessa, em função da topografia da cidade. Para os 2% restantes, considerou-se tratamento individual com uso de fossa séptica seguido de filtro anaeróbio; e

A partir dessas premissas, foi determinado, então, a concentração máxima de DBO a ser lançada no rio Ribeirão Nobres.

A vazão de diluição máxima (Q_{dil}) do rio Ribeirão Nobres, considerando 50% da vazão de 95% de permanência, apresentada na TABELA 23 (p. 165), é de 0,237 m³/s ou 237 L/s e, sendo um rio classe 2, a concentração limite (C_{perm}) de DBO, segundo a resolução CONAMA nº357, é de 5 mg/L.

Já a concentração natural do rio (C_{nat}) foi assumida de acordo com o manual de outorga da Agência Nacional de Águas (ANA), que adota o valor de 1 mg/L, na falta de estudos mais abrangentes na estimativa desse parâmetro sobre o corpo hídrico (ANA, 2013).

Observa-se que, a favor da segurança, a vazão do efluente não considera a vazão de infiltração, apenas a contribuição doméstica. Assim, considerando 98% da população total atendida, resultando em 17.077 habitantes, um per capita de contribuição de esgotos de 116,8 L/hab.dia, já justificado, os coeficientes de máxima vazão diária e horária, respectivamente, de 1,2 e 1,5, a vazão máxima do efluente (Q_{ef}) será de 41,55 L/s.

Assumindo os valores apresentados e rearranjando a equação 31, a concentração máxima de DBO no efluente tratado (C_{ef}), a ser lançado no corpo receptor, é estimada em 27,8 mg/L.

A determinação da eficiência mínima requerida para o tratamento, foi estimada aplicando-se a equação 10 (p. 83), sendo a concentração de DBO no afluente à estação estimada pela equação 32, considerando uma carga específica de DBO de 60 gDBO/hab.dia, sendo esse o valor máximo estabelecido na norma da ABNT NBR 12209 de 2011, quando não existem dados para uma determinação mais precisa (ABNT, 2011).

$$C_{efbruto} = \frac{(P.C_{esp})/86,4}{Q_{ef}} \quad (\text{Eq. 32})$$

Onde:

C_{esp} – Carga específica do parâmetro (g/hab.dia)

A concentração de DBO afluente à estação resulta em 285,4 mg/L, exigindo uma eficiência mínima de remoção, do processo de tratamento, de 90%.

5.3.8.6.2 Escolha do processo de tratamento do SSA

Determinada a eficiência requerida para o processo de tratamento foi aplicada a metodologia para a escolha do processo a ser implementado em Nobres.

A FIGURA 55 apresenta os parâmetros assumidos na ferramenta de escolha de processos de tratamento.

FIGURA 55 – PARÂMETROS DE ENTRADA PARA ESCOLHA DO PROCESSO DE TRATAMENTO SSA

1 - Caracterização do esgoto afluente							
1.1 - Vazões de Contribuição		1.2 - Parâmetros qualitativos do afluente		1.3 - Parâmetros qualitativos do efluente		1.4 - Eficiências de remoção	
Município	NOBRES - CEN 01	Concentração DBO ₅	201 mg/L	Concentração DBO ₅	20 mg/L	DBO ₅	90%
Ano de referência	2055	Concentração DQO	402 mg/L	Concentração DQO	60 mg/L	DQO	85%
População estimada	17425 habitantes	Concentração de SST	200 mg/L	Concentração de SST	30 mg/L	SST	85%
Porcentagem da população a ser atendida	98%	Concentração N-NKT	33,5 mg/L	Concentração N-NKT	33,5 mg/L	N	0%
População a ser atendida	17077 habitantes	Concentração de P	5 mg/L	Concentração de P	5 mg/L	P	0%
per capita de consumo de água (q)	146 L/hab.dia	N.M.P de Coliformes Fec	1,00E+03 CF/100mL	N.M.P de Coliformes Fec	1,00E+03 CF/100mL	N.M.P de C	0,00 redução log
Coefficiente do dia de maior consumo (k1)	1,2	N.M.P de Coliformes Fec	3,00 log10	N.M.P de Coliformes Fec	3,00 log10		
Coefficiente da hora de maior consumo (k2)	1,5	Carga DBO ₅	703,80 kgDBO ₅ /dia	Carga DBO ₅	70,03 kgDBO ₅ /dia		
Coefficiente de retorno de esgoto (C)	0,8	Carga DQO	1407,59 kgDQO/dia	Carga DQO	210,09 kgDQO/dia		
Taxa de Infiltração	0,25 L/s.km	Carga de SST	700,29 kgSST/dia	Carga de SST	105,04 kgSST/dia		
Extensão de rede	69,76 km	Carga N-NKT	117,30 kgN-NTK/dia	Carga N-NKT	117,30 kgN-NTK/dia		
Vazão de Infiltração	17,44 L/s	Carga de P	17,51 kgP/dia	Carga de P	17,51 kgP/dia		
per capita de contribuição de esgotos (qe)	116,8 L/hab.dia						
Contribuição singular (Qs)	0 L/s						
Contribuição de esgotos população (Qp)	23,09 L/s						
Contribuição sanitária média de esgotos (Qs)	40,53 L/s						
Contribuição sanitária máxima de esgotos (Q)	58,99 L/s						

FONTE: AUTOR.

Cabe observar que, para a escolha do processo de tratamento, considerou-se a vazão total efluente da ETE, ou seja, com a vazão de infiltração. Assim, observa-se que a concentração de DBO afluente resultante, de 201 mg/L, foi menor do que a utilizada para a determinação da eficiência mínima requerida no processo. Porém, assumindo a eficiência mínima de remoção de 90%, a DBO efluente estimada será de 20 mg/L, menor do que a DBO efluente máxima estimada na avaliação da eficiência requerida. Justifica-se tal adoção, sem prejuízo à escolha, pois o parâmetro de escolha do tratamento é a eficiência requerida, que se mantém e, dessa maneira, apresenta-se a estimativa de DBO efluente com a vazão de infiltração, mais diluída.

A área disponível, estimada, para implantação da ETE é de 800.000 m², o que resulta em uma área específica de 46,85 m²/hab. considerando a população atendida.

Aplicando os parâmetros apresentados, os tratamentos possíveis de serem utilizados, classificados pelo índice ITf, são apresentados na FIGURA 56.

FIGURA 56 – PROCESSOS DE TRATAMENTO POSSÍVEIS PARA O SSA

SISTEMA	EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO FINAL DO TRATAMENTO - COM TRATAMENTO ADICIONAL														ITf	ITr
	DBO ₅ (%)		DQO (%)		SST (%)		AMÔNIA (%)		N TOTAL (%)		P TOTAL (%)		COLIFORMES FECAIS (unidades Log)			
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx		
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	85%	98%	80%	93%	93%	98%	65%	90%	65%	90%	50%	90%	3,00	3,00	4,66	1,75
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	90%	98%	85%	95%	93%	98%	65%	90%	65%	90%	50%	90%	3,00	3,00	4,66	1,75
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P	85%	93%	80%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	75%	88%	3,00	3,00	4,62	1,75
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCEÁRIA	93%	98%	90%	95%	93%	97%	80%	98%	0%	60%	50%	60%	3,00	3,00	4,13	1,75
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	88%	95%	83%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	0%	35%	3,00	3,00	4,11	1,75
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	85%	93%	80%	90%	87%	93%	80%	98%	75%	90%	0%	35%	3,00	3,00	4,09	1,75
LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA	90%	97%	83%	93%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,83	1,75
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERAÇÃO EXTENDIDA	90%	97%	83%	93%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,83	1,75
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	88%	95%	83%	90%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,81	1,75
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	85%	93%	80%	90%	87%	93%	80%	98%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,79	1,75
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	88%	95%	83%	90%	87%	93%	65%	85%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,68	1,75
UASB + LODOS ATIVADOS	83%	93%	75%	88%	87%	93%	50%	85%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,66	1,75
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	83%	93%	75%	88%	87%	93%	50%	85%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,66	1,75
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	85%	93%	80%	90%	87%	93%	65%	85%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,66	1,75
UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	83%	93%	83%	90%	90%	97%	0%	30%	0%	30%	75%	88%	3,00	3,00	3,38	1,75
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	80%	93%	73%	88%	87%	93%	0%	50%	0%	60%	0%	35%	3,00	3,00	3,31	1,75

FONTE: AUTOR.

Foram selecionados e classificados 16 processos de tratamento, que atendem tecnicamente a eficiência requerida. Assim, para a escolha final, classificou-se esses processos pelo custo unitário de implantação máximo, apresentados na FIGURA 13 (p. 86), atualizados para o ano de 2019.

Os índices de atualização utilizados foram os disponíveis no *website Trading Economics*, o qual apresenta um histórico de taxas de juros para diversos países. Assim, foram atualizados primeiramente os valores em dólar e esses, atualizados, convertidos para a cotação do dólar de R\$ 4,73 por dólar (TRADING ECONOMICS, 2019). As taxas de juros anuais utilizadas são apresentadas na TABELA 46.

A TABELA 47 apresenta os processos de tratamento escolhidos, classificados pelo custo unitário e total atualizados, sendo o último considerando a população atendida de 17.077 habitantes.

TABELA 46 – HISTÓRICO DE TAXAS DE JUROS ANUAIS DOS ESTADOS UNIDOS

Ano	TAXAS DE JUROS
2002	1,25%
2003	1,00%
2004	2,25%
2005	4,25%
2006	5,25%
2007	4,25%
2008	0,25%
2009	0,25%
2010	0,25%
2011	0,25%
2012	0,25%
2013	0,25%
2014	0,25%
2015	0,50%
2016	0,75%
2017	1,50%
2018	2,45%
2019	1,75%

FONTE: Adaptado de TRADING ECONOMICS (2019).

TABELA 47 – PROCESSOS DE TRATAMENTO ESCOLHIDOS CLASSIFICADOS PELO CUSTO UNITÁRIO MÁXIMO DE IMPLANTAÇÃO

PROCESSO	CUSTO UNITÁRIO IMPLANTAÇÃO (R\$/hab)	CUSTO IMPLANTAÇÃO (R\$)
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	R\$ 181,85	R\$ 3.105.381,80
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	R\$ 212,16	R\$ 3.622.945,43
UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	R\$ 212,16	R\$ 3.622.945,43
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	R\$ 242,47	R\$ 4.140.509,06
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	R\$ 242,47	R\$ 4.140.509,06
UASB + LODOS ATIVADOS	R\$ 272,78	R\$ 4.658.072,69
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	R\$ 303,09	R\$ 5.175.636,33
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	R\$ 303,09	R\$ 5.175.636,33
LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA	R\$ 303,09	R\$ 5.175.636,33
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERAÇÃO EXTENDIDA	R\$ 303,09	R\$ 5.175.636,33
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	R\$ 363,70	R\$ 6.210.763,59
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	R\$ 363,70	R\$ 6.210.763,59
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	R\$ 394,01	R\$ 6.728.327,22
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	R\$ 424,32	R\$ 7.245.890,86
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P	R\$ 454,63	R\$ 7.763.454,49
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCEÁRIA	R\$ 454,63	R\$ 7.763.454,49

FONTE: AUTOR.

Mantendo-se a classificação por custo unitário de implantação, foram estimados também os custos anuais de operação e manutenção, considerando os valores unitários máximos apresentados na FIGURA 13 (p. 86), os quais são reproduzidos na TABELA 48.

TABELA 48 – CUSTOS ANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO ESCOLHIDOS

PROCESSO	CUSTO UNITÁRIO OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (R\$/hab.ano)	CUSTO OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (R\$/ano)
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	R\$ 9,09	R\$ 155.269,09
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	R\$ 18,19	R\$ 310.538,18
UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	R\$ 21,22	R\$ 362.294,54
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	R\$ 12,12	R\$ 207.025,45
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	R\$ 30,31	R\$ 517.563,63
UASB + LODOS ATIVADOS	R\$ 30,31	R\$ 517.563,63
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	R\$ 36,37	R\$ 621.076,36
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	R\$ 36,37	R\$ 621.076,36
LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA	R\$ 48,49	R\$ 828.101,81
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERAÇÃO EXTENDIDA	R\$ 48,49	R\$ 828.101,81
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	R\$ 36,37	R\$ 621.076,36
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	R\$ 36,37	R\$ 621.076,36
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	R\$ 48,49	R\$ 828.101,81
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	R\$ 54,56	R\$ 931.614,54
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P	R\$ 60,62	R\$ 1.035.127,27
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCEÁRIA	R\$ 60,62	R\$ 1.035.127,27

FONTE: AUTOR.

Finalmente, também baseado nos dados apresentados na FIGURA 13, foram estimadas as áreas requeridas e, assumindo um custo de R\$ 200,00 por metro quadrado, os custos de aquisição de terreno por processo de tratamento, os quais são apresentados na TABELA 49.

Para classificação dos tratamentos escolhidos, foram mantidos os custos de implantação apresentados na FIGURA 13, por se tratar de análise comparativa e considerar-se que os mesmos estão na mesma base de dados. Os valores aqui

apresentados serão utilizados para a avaliação econômica das alternativas dos sistemas.

TABELA 49 – ÁREA NECESSÁRIA E CUSTOS DE TERRENO DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO ESCOLHIDOS

PROCESSO	ÁREA REQUERIDA UNITÁRIA (m ² /hab)	ÁREA NECESSÁRIA (m ²)	CUSTO DE TERRENO (R\$)
INFILTRAÇÃO RÁPIDA	6,00	102459,00	R\$ 20.491.800,00
UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	0,20	3415,30	R\$ 683.060,00
UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO	0,15	2561,48	R\$ 512.295,00
TANQUE SÉPTICO + INFILTRAÇÃO NO SOLO	1,50	25614,75	R\$ 5.122.950,00
UASB + FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO	0,15	2561,48	R\$ 512.295,00
UASB + LODOS ATIVADOS	0,20	3415,30	R\$ 683.060,00
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM REMOÇÃO DE N	0,15	2561,48	R\$ 512.295,00
FILTRO BIOLÓGICO AERADO SUBMERSO COM NITRIFICAÇÃO	0,15	2561,48	R\$ 512.295,00
LODOS ATIVADOS AERAÇÃO EXTENDIDA	0,25	4269,13	R\$ 853.825,00
LODOS ATIVADOS POR BATELADA AERAÇÃO EXTENDIDA	0,25	4269,13	R\$ 853.825,00
FILTRO ROTACIONAL BIOLÓGICO DE CONTATO	0,20	3415,30	R\$ 683.060,00
FILTRO PERCOLADOR DE BAIXA TAXA	0,30	5122,95	R\$ 1.024.590,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL	0,25	4269,13	R\$ 853.825,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO DE N	0,25	4269,13	R\$ 853.825,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL COM REMOÇÃO BIOLÓGICA DE N/P	0,25	4269,13	R\$ 853.825,00
LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL + FILTRAÇÃO TERCEÁRIA	0,30	5122,95	R\$ 1.024.590,00

FONTE: AUTOR.

Comparando-se o custo de implantação, o processo de Infiltração rápida no solo foi o que apresentou menor custo, seguido dos processos com reator UASB e pós tratamento com Filtro Biológico Percolador de Alta Taxa e reator UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido, sendo que esses dois últimos resultaram iguais na avaliação, mas 17% mais caros que a infiltração rápida.

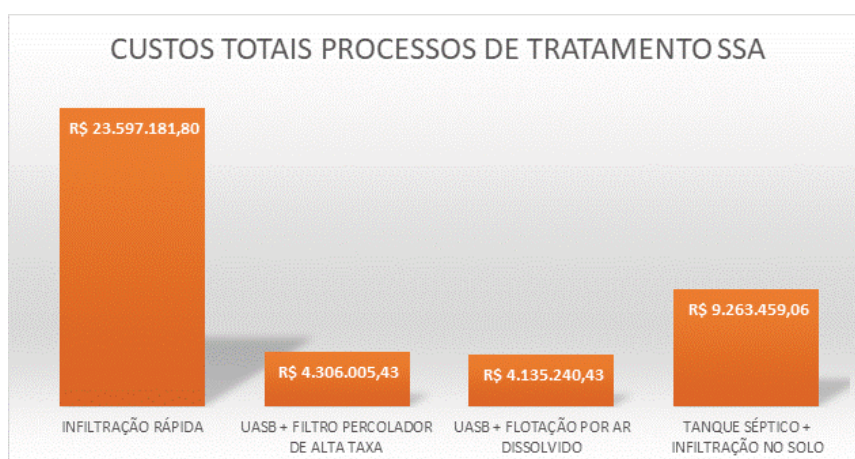
Também com relação a operação e manutenção, a Infiltração rápida no solo se mostrou mais vantajosa, seguida do Tanque séptico e pós-tratamento com Infiltração no solo e reator UASB e pós tratamento com Filtro Biológico Percolador de

Alta Taxa, sendo os dois últimos mais caros que o primeiro, em 33% e 100%, respectivamente.

Comparando-se os custos de aquisição de terreno, para os quatro processos avaliados nos dois parâmetros anteriores, observa-se que o mais vantajoso foi o processo com reator UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido, seguido do UASB com pós tratamento por Filtro Biológico de Alta Taxa, Tanque Séptico com Infiltração no solo e Infiltração rápida no solo, com uma relação de 33%, 900% e 3900%, respectivamente, quando comparados com o primeiro.

Afim de refinar a comparação entre os quatro primeiros processos que se destacaram nos critérios de custo de implantação e custo de operação e manutenção, apresenta-se no GRÁFICO 13 os custos totais somando a implantação e aquisição de terreno desses processos.

GRÁFICO 13 – CUSTOS TOTAIS PROCESSOS DE TRATAMENTO SELECIONADOS PARA O SSA



FONTE: AUTOR.

Observa-se que os dois processos com infiltração no solo são significativamente mais onerosos que o mais econômico, no caso o processo com reator UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido, sendo a diferença de 471% e 124% maior, respectivamente, para a Infiltração rápida no solo e o Tanque Séptico seguido de infiltração no solo. Isso se deve à grande área requerida para implantação desses processos.

Já comparando-se o processo UASB seguido de Filtro Percolador de Alta Taxa com o UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido, a diferença, a favor do segundo, é de apenas 4%.

Finalmente, de maneira a dirimir a dúvida na escolha do processo de tratamento a ser utilizado, realizou-se uma análise comparativa a valor presente, entre os processos UASB seguido de Filtro Percolador de Alta Taxa e UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido, considerando as seguintes premissas:

- Período de operação da ETE de 30 anos;
- Taxa de juros de 10% ao ano, considerando que as taxas de juros anuais no Brasil, segundo o *website Trading Economics*, para os anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, foram, respectivamente de 11,25%, 14,25%, 13,75%, 7,50% e 6,50%, resultando em uma média de 10,65%;
- 4 cenários avaliados sendo:
 - Cenário 1 – Implantação e aquisição total do terreno já no ano 0, considerando ainda o custo total de operação e manutenção das ETEs;
 - Cenário 2 – Implantação em 2 etapas, mas aquisição total do terreno no ano 0, considerando metade do custo de operação e manutenção até a implantação da segunda etapa, sendo considerado o custo total a partir dessa;
 - Cenário 3 – Implantação em 3 etapas, porém com aquisição total do terreno na primeira etapa, considerando um terço do custo da operação manutenção até a implantação da segunda etapa, dois terços até a implantação da terceira etapa e total até o final do período avaliado; e
 - Cenário 4 – Implantação em 5 etapas, com aquisição do terreno no ano 0. O custo operação e manutenção foi dividida por cinco, sendo adicionado um quinto a cada etapa implantada.

O valor presente (VP) para todos os cenários, foi calculado pela equação 33. No Apêndice 15 são apresentadas as tabelas com os cálculos anuais a VP para todos os cenários.

$$VP = \frac{Custo}{(1+r)^n} \quad (\text{Eq. 33})$$

Onde:

VP – Custo a valor presente

r – Taxa de desconto

n – Anos

A TABELA 50 apresenta o custo a valor presente total, para os 30 anos assumidos, das duas alternativas de tratamento avaliadas, para os quatro cenários.

TABELA 50 – CUSTOS A VALOR PRESENTE DE IMPLANTAÇÃO, AQUISIÇÃO DE TERRENO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO PARA AS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO SSA

CENÁRIO	UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA	UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO
1	R\$ 8.470.024,67	R\$ 8.993.262,87
2	R\$ 5.801.943,08	R\$ 6.072.986,30
3	R\$ 5.029.413,73	R\$ 5.227.435,17
4	R\$ 4.458.180,24	R\$ 4.602.207,01

FONTE: AUTOR.

A análise do custo a valor presente, com etapalização da implantação da ETE, para os processos UASB seguido de Filtro Biológico Percolador de Alta Taxa e UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido, demonstrou, em todos os cenários avaliados, que o primeiro tende a ser mais econômico.

Dessa maneira, para o SSA de Nobres, adotou-se o processo de tratamento UASB seguido de Filtro Biológico Percolador de Alta Taxa, pelas seguintes razões:

- Tecnicamente, considerando os parâmetros e premissas adotadas, o processo atende à eficiência requerida para o lançamento do efluente tratado no rio Ribeirão Nobres;
- O tratamento de Infiltração rápida no solo, melhor classificado, em termos de custo de implantação e operação, apresentou-se demasiadamente oneroso no critério de aquisição de terreno para implantação; e
- Apesar da avaliação conjunta do custo de implantação e aquisição de terreno ter como melhor classificado o processo UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido, a avaliação a valor presente, para quatro cenários de implantação, aquisição de terreno, operação e manutenção, demonstrou que o processo UASB seguido de Filtro Biológico Percolador de Alta Taxa, é mais vantajoso, implicando na afirmação de que o menor custo de operação do mesmo supera a

vantagem de menor custo de aquisição do terreno da alternativa com Flotação por Ar Dissolvido.

5.3.8.6.3 Escolha do processo de tratamento do SUA

A escolha do processo de tratamento de esgotos no Sistema Único Alternativo (SUA) foi realizada considerando as seguintes premissas:

- Tratamento individualizado no lote;
- Tecnicamente o tratamento deverá ter uma eficiência razoável de remoção de matéria orgânica (DBO), complementada pelo SUDS a ser implementado, para o SUA com SUDS e apenas pelas *Wetlands* construídas, para o sistema sem SUDS;
- O tratamento atenderá 100% da população; e
- A implantação e a operação do sistema ficarão sob a responsabilidade do usuário, à exceção da retirada e destinação final do lodo do sistema.

A partir dessas premissas, optou-se pela adoção do sistema de tratamento formado por Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio. A complementação do tratamento se dará no final da rede de drenagem, por *Wetlands* construída, a qual foi dimensionada para atender também a drenagem, para o sistema com SUDS, e apenas para atender o tratamento de esgotos, no sistema sem SUDS.

Com relação à eficiência do tratamento, o sistema Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio possui uma eficiência mínima de 80% e máxima de 85%, na remoção de DBO, como apresentado na FIGURA 12 (p. 85). Segundo a mesma referência, a *Wetlands* construída alcança entre 80% e 90% na remoção de matéria orgânica, no tratamento de efluentes.

Considerando a eficiência do Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbio, a *Wetlands* construída deverá ter uma eficiência entre 30% e 48%, de maneira a se alcançar a eficiência global de 90% requerida em termos de matéria orgânica, o que se assume plausível para o sistema.

O dimensionamento das áreas requeridas, para o complemento do tratamento de esgotos no sistema SUA sem SUDS, pode ser realizado a partir do parâmetro de área mínima requerida por habitante, apresentado em Dotro et al. (2017), de 0,7 m²/habitante, para *Wetlands* do tipo fluxo horizontal. Em complemento,

é verificado se a carga orgânica (DBO) aplicada por metro quadrado está entre o limite estabelecido de 2 a 13 gDBO/m².dia, também apresentado pelos autores.

A estimativa de população contribuinte por bacia de drenagem, considerando 100% da população, 17.425 habitantes, atendida pelas *Wetlands*, foi determinada a partir das porcentagens de vazão de esgoto estimadas por bacia de drenagem e apresentadas na TABELA 51.

TABELA 51 – POPULAÇÃO CONTRIBUINTE COM ESGOTO POR BACIA DE DRENAGEM PARA DIMENSIONAMENTO DAS *WETLANDS* CONSTRUÍDAS PARA O SUA SEM SUDS

Bacia drenagem	Qesgoto (L/s)				População atendida
	inicial	final	%	%	
A	6,20	8,84	15,4%	15,4%	2680
B	11,24	16,04	27,9%	27,9%	4862
C	5,16	7,36	12,8%	12,8%	2232
D	2,99	4,27	7,4%	7,4%	1293
E	3,48	4,96	8,6%	8,6%	1504
F	1,65	2,36	4,1%	4,1%	715
G	0,30	0,42	0,7%	0,7%	128
H	7,63	10,88	18,9%	18,9%	3299
I	1,65	2,35	4,1%	4,1%	712

FONTE: AUTOR.

Considerando a população atendida, o per capita de contribuição de esgoto de 116,8 L/hab.dia, a concentração de DBO bruta de 201 mg/L, a eficiência do tratamento individual de 80%, resultando em uma DBO afluenta às *Wetlands* de 40,2 mg/L, estimou-se a área e a carga específica de DBO aplicada, apresentadas na TABELA 52.

TABELA 52 – ÁREA REQUERIDA E CARGA ESPECÍFICA DE DBO APLICADAS ÀS *WETLANDS* CONSTRUÍDAS PARA O SUA SEM SUDS

Bacia drenagem	População atendida	Vazão doméstica (L/dia)	Carga de DBO (g/dia)	Área requerida (m ²) (*)	Carga específica (gDBO/m ² .dia)
A	2680	313013	12583,14	1876	6,7
B	4862	567871	22828,42	3403	6,7
C	2232	260678	10479,25	1562	6,7
D	1293	151058	6072,52	905	6,7
E	1504	175620	7059,93	1053	6,7
F	715	83496	3356,54	500	6,7
G	128	14930	600,18	89	6,7
H	3299	385363	15491,61	2310	6,7
I	712	83210	3345,06	499	6,7

FONTE: AUTOR.

NOTA: Área mínima de *Wetlands* requerida, por habitante, assumida de 0,7 m²/habitante.

O lodo gerado no sistema de tratamento individual deverá ser gerido pela concessionária ou órgão público responsável pelo aterro sanitário, ou seja, se assume um sistema de saneamento integrado onde o lodo gerado deverá ser desaguado na área do aterro sanitário para sua disposição.

Para a secagem do lodo retirado dos sistemas de tratamento foram considerados:

- Utilização de leitos de drenagem, com taxa de aplicação de sólidos de 20 kgST/m². Nesse sentido, a NBR 12.209 de 2011, sugere para leitos de secagem, a taxa de aplicação máxima de 15 kgST/m², não apresentando valores sugestivos para leitos de drenagem. Mortara (2011) apresentou um estudo de avaliação de leitos drenagem para o desaguamento do lodo anaeróbio, onde foram utilizadas taxas de aplicação de 9,8 kgST/m², 14,4 kgST/m² e 21,2 kgST/m², sendo que as velocidades de drenagem foram mantidas, indicando que uma maior taxa de aplicação, que a recomendada pela NBR 12.209, podem ser aplicadas, diminuindo a área requerida para o desaguamento do lodo. Observa-se que para os leitos de drenagem devem ser considerados os custos de implantação de cobertura e aplicação de polímeros;
- Para as estimativas de produção de lodo foram assumidos os seguintes parâmetros apresentados por Andreoli et al. (2001):
 - Produção de lodo específica: 1000 L/hab.ano ou 2,74 L/hab.dia, sendo esse o limite superior apresentado pelos autores;
 - Teor de sólidos do lodo: 2,5%; e
 - Densidade do lodo: 1000 kg/m³.
- Considerou-se 4 ciclos de retirada por ano, atendendo 25% da população em cada ciclo, resultando em aproximadamente 91 dias por ciclo compreendendo o transporte, secagem e disposição no aterro; e
- O percolato dos leitos de drenagem deve ser tratado na ETE do Aterro Sanitário, junto com o chorume produzido.

A TABELA 53 apresenta o dimensionamento de leitos de drenagem, segundo as premissas e parâmetros adotados.

TABELA 53 – LEITOS DE DRENAGEM PARA DESAGUAMENTO DO LODO PRODUZIDO NO TRATAMENTO DE ESGOTOS INDIVIDUAL DO SUA

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
POPULAÇÃO ATENDIDA	17.425	Habitantes
Produção de Lodo	1000	L/hab.ano
Produção total de Lodo	17.425.000	L/ano
Densidade do lodo	17.425	m³/ano
Concentração de Lodo	1.000	kg/m³
	2,5%	
	25	kg/m³
Quantidade total de sólidos	435.625	kg/ano
Ciclos de retirada	4	
Número de dias por ciclo	91	dias
Produção por ciclo	4.356	m³/ciclo
Quantidade de retirada por ciclo	108.906	kg/ciclo
Taxa de aplicação de sólidos	20	kg/m²
Área requerida	5.445	m²
Comprimento de cada leito	20	m
Largura de cada Leito	15	m
Área de cada Leito	300	m²
Número de Leitos operando	18	
Número de Leitos reserva	7	
Número total de leitos	25	

FONTE: AUTOR.

O volume de percolado, por ciclo de secagem de lodo, foi estimada assumindo-se os seguintes parâmetros:

- Captura de sólidos de 95% no desaguamento;
- Desconsiderou-se a secagem por evaporação;
- Concentração do lodo desaguado de 25% ao final do ciclo de desaguamento; e
- Densidade do líquido percolado de 1000 kg/m³.

O volume de líquido percolado, a ser enviado para tratamento na ETE do aterro sanitário, e a concentração de sólidos nesse, é apresentado na TABELA 54.

TABELA 54 – VOLUME DE PERCOLADO DO LODO PRODUZIDO NO DESAGUAMENTO DO LODO DO TRATAMENTO DE ESGOTOS INDIVIDUAL SUA

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
Captura de sólidos	95%	-
Sólidos Capturados	103.461	kg/ciclo
Concentração de Lodo seco	25%	-
Quantidade de Sólidos	250	kg/m³
Volume de Lodo seco	414	m³/ciclo
Volume de percolado	3.942	m³/ciclo
Sólidos no percolado	5.445	kg/ciclo
Peso específico do percolado	1.000	kg/m³
	0,14%	-
Concentração de sólidos	1,38	kg/m³

FONTE: AUTOR.

5.3.8.7 SUDS – SSA e SUA

Os Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS) a serem avaliados, tanto para o sistema SSA quanto para o SUA, foram escolhidos primeiramente para se diminuir o escoamento superficial, consequentemente diminuindo o volume de água a ser transportado pela rede, e também diminuir a carga de poluição no corpo hídrico receptor.

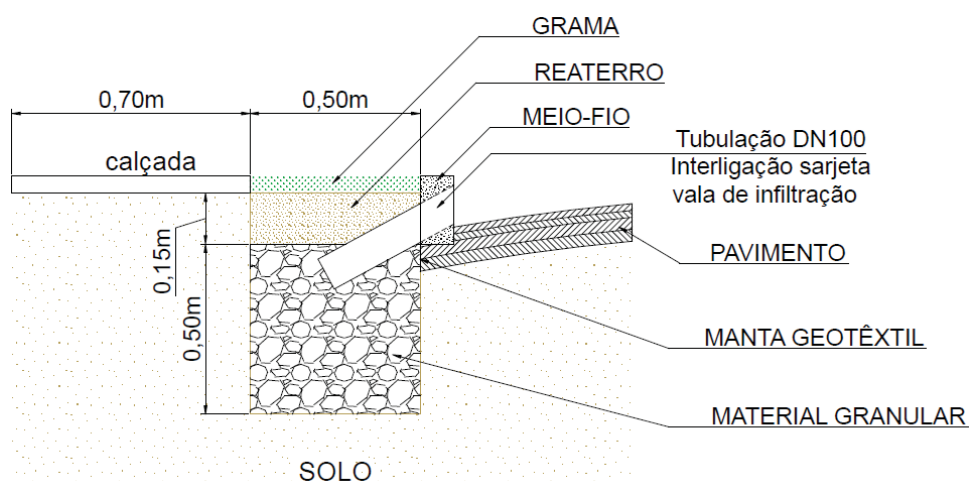
Para atender à diminuição do escoamento superficial optou-se pelo uso de trincheiras de infiltração e para a melhora da qualidade da água de chuva, e consequente diminuição da poluição no corpo hídrico receptor, foi escolhido o uso da *Wetlands* construída.

5.3.8.7.1 Trincheiras de Infiltração

As trincheiras de Infiltração foram dimensionadas utilizando a metodologia apresentada por Akan e Houghtalen (2003) que determina um volume de trincheira de infiltração necessária a diminuir o escoamento superficial ou, em outras palavras, diminuir o coeficiente de escoamento superficial C .

A implantação sugerida, no presente trabalho, da trincheira de infiltração é apresentada na FIGURA 57, através de uma seção típica.

FIGURA 57 – SEÇÃO TÍPICA DE IMPLANTAÇÃO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO



FONTE: AUTOR.

Primeiramente determina-se o volume a ser coletado e infiltrado, de maneira a se diminuir a vazão de escoamento com a urbanização a valores similares à vazão

de escoamento antes da urbanização, sendo utilizada a equação 34 para a determinação.

$$V_c = Q_{pos}(t_d) - \frac{Q_{pre}^2 T_c}{2Q_{pos}} \quad (\text{Eq. 34})$$

Onde:

V_c – Volume de água capturado (m^3)

Q_{pos} – Vazão após a urbanização (m^3/s)

Q_{pre} – Vazão antes da urbanização (m^3/s)

t_d – Tempo de duração da chuva (min)

T_c – Tempo de concentração após a urbanização (min)

As vazões antes e após a urbanização são calculadas pelo método racional representado pelas equações 19 e 20 apresentadas no item 4.5.5.1.

Calculado o volume a ser coletado e infiltrado determina-se as dimensões das trincheiras pela equação 35.

$$V_r(LWd) = V_c + (LW)P - (LW)fT_f \quad (\text{Eq. 35})$$

Onde:

V_r – Porosidade do material de enchimento da trincheira (%)

L – Comprimento da vala de infiltração (m)

W – Largura da vala de infiltração (m)

d – Profundidade útil da vala de infiltração (m)

P – Altura de chuva (m)

f – Taxa de infiltração no solo (m/h)

T_f – Tempo de enchimento (h)

A porosidade do material de enchimento da trincheira é dependente do material empregado. A TABELA 55 apresenta valores sugestivos a serem assumidos.

TABELA 55 – POROSIDADE DE MATERIAIS DE ENCHIMENTO DA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO (V_r)

Material	Porosidade (%)
Rocha dinamitada – Brita grossa	30
Cascalho de granulometria uniforme	40
Brita graduado (menor que ¼ polegadas)	35
Areia	25
Cascalho de jazida – Seixo rolado	15 – 25

Fonte: Adaptado de Urbonas e Stahre (1993)²⁸ apud Porto Alegre (2005).

A altura de chuva e o tempo de enchimento, são calculados, respectivamente pelas equações 36 e 37.

$$P = it_d \quad (\text{Eq. 36})$$

Onde:

i – Intensidade de chuva (mm/h)

$$T_f = t_d + T_c - \frac{Q_{pre}T_c}{Q_{pos}} \quad (\text{Eq. 37})$$

A taxa de infiltração no solo é determinada em função da classe de textura do solo, segundo os valores apresentados na TABELA 56.

TABELA 56 – TAXA DE INFILTRAÇÃO (f) NO SOLO

Classe de textura do Solo	Taxa mínima de infiltração (m/h)
Areia	0,2101
Areia franca	0,0612
Franco arenoso	0,0259
Franca	0,0132
Franco siltosa	0,0069
Franco argiloso arenosa	0,0043
Franco argilosa	0,0023
Franco argilo siltosa	0,0015
Argilo arenosa	0,0013
Argilo siltosa	0,0010
Argila ou muito argilosa	0,0005

Fonte: Adaptado de Maryland Department of Natural Resources (1984)²⁹ apud Akan and Houghtalen (2003).

A partir da metodologia apresentada foram calculados o comprimento mínimo de trincheiras de infiltração, adotando-se as seguintes premissas:

²⁸ URBONAS, B.; STAHR, P. **Stormwater Best Management Practices and Detention**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

²⁹ Maryland Department of Natural Resources. **Standard and Specifications for Infiltration Practices**. Stormwater Management Division, Annapolis, MD, 1984.

- Assumido a Implantação de trincheiras de Infiltração apenas para as grandes bacias: A a I;
- Considerou-se, a favor da segurança, um solo muito argiloso, resultando em um coeficiente (f) de infiltração de 0,000508 m/h;
- Recheio da trincheira: Seixo rolado com 15% de porosidade;
- Largura da trincheira: 0,50 m;
- Profundidade total da trincheira: 0,30 m;
- Tempo de recorrência: 5 anos;
- Duração da chuva: 30 minutos;
- Tempo de concentração: 5 minutos; e
- Alteração do coeficiente de escoamento C de 0,6 e 0,9, em suas respectivas áreas, passa a ser 0,3 para o cálculo da vazão antes da urbanização.

A partir das premissas adotadas foram calculados os comprimentos mínimos de trincheiras de infiltração, por bacia de contribuição e áreas de coeficiente de escoamento superficial igual a 0,6 e 0,9. As planilhas de cálculo são apresentadas no Apêndice 16 e a TABELA 57 apresenta o resultado encontrado.

TABELA 57 – COMPRIMENTO MÍNIMO REQUERIDO DE TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

Bacia	Coeficiente C após urbanização	Área (m²)	Comprimento mínimo de Trincheira (m)	
			Por coeficiente C	Por bacia
A	0,6	568.334,21	2011	2747
	0,9	137.283,65	736	
B	0,6	875.192,98	3096	4345
	0,9	232.972,83	1249	
C	0,6	203.127,67	719	1031
	0,9	58.158,25	312	
D	0,6	53.799,88	190	305
	0,9	21.510,10	115	
E	0,6	171.690,05	607	991
	0,9	71.631,57	384	
F	0,6	161.933,61	573	781
	0,9	38.897,42	208	
G	0,6	197.572,82	699	970
	0,9	50.490,36	271	
H	0,6	473.870,36	1676	2850
	0,9	219.124,15	1174	
I	0,6	182.567,86	646	913
	0,9	49.800,04	267	

FONTE: AUTOR.

Determinados os comprimentos mínimos de trincheiras de infiltração, foram então medidas as extensões de ruas do perímetro urbano da cidade de Nobres e comparadas as extensões de implantação simples, com trincheiras instaladas apenas em um lado ou no meio do arruamento e extensão dupla, com trincheiras instaladas nos dois lados do arruamento, com os resultados apresentados na TABELA 58, por bacia de contribuição.

TABELA 58 – COMPRIMENTO MÁXIMOS DE TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO PASSÍVEIS DE INSTALAÇÃO

Bacia	Extensão máxima simples (m)	Extensão máxima dupla (m)	Mínimo requerido (m)	% a mais simples	% a mais duplo
A	12040	24080	2747	338%	777%
B	19130	38260	4345	340%	781%
C	5945	11890	1031	477%	1053%
D	1445	2890	305	374%	848%
E	4108	8216	991	315%	729%
F	3247	6494	781	316%	731%
G	5047	10094	970	420%	941%
H	12874	25748	2850	352%	803%
I	2780	5560	913	204%	509%

FONTE: AUTOR.

Como se observa a bacia com menor extensão de arruamento, para implantação de trincheiras de infiltração, é a bacia I que considerando a instalação de trincheiras simples, em apenas uma faixa do arruamento, ainda resulta em 204% a mais de comprimento de trincheiras de infiltração que o mínimo requerido. Dessa maneira, para Nobres, foi assumido a implantação, em toda a malha viária urbana, de trincheiras de infiltração em apenas uma faixa do arruamento, lembrando que para as pequenas bacias não foram consideradas implantação de SUDS.

Considerando que a diminuição de vazão, devido a implantação de trincheiras de infiltração, irá impactar diretamente nos diâmetros da rede de coleta de águas pluviais, optou-se pela implantação de trincheiras de infiltração em todas as ruas, porém, em apenas uma faixa do arruamento.

5.3.8.7.2 *Wetlands* construídas

O segundo SUDS empregado foi a *Wetlands* construída de superfície livre que, como citado anteriormente, tem o objetivo de mitigar a carga de poluição carregadas pelas águas pluviais e complementar o tratamento de esgotos no sistema SUA.

Para o presente trabalho, dentre as Wetlands construídas apresentadas no item 4.5.5.2.8 (p. 112), adotou-se a utilização de *Wetlands* de superfície livre do tipo detenção estendida.

A FIGURA 58 apresenta as áreas de interesse, a serem dimensionadas, das *Wetlands* estendidas.

FIGURA 58 – ÁREAS DAS WETLANDS ESTENDIDAS



FONTE: Adaptado de Tomaz (2009).

A metodologia aplicada para o dimensionamento é a apresentada em Tomaz (2009) e também em Akan e Houghtalen (2003). Nessa metodologia, as *Wetlands* construídas são dimensionadas para receber as águas da primeira chuva, o chamado *first flush*, estimado pela equação 38 (ASCE, 1998³⁰ apud Akan e Houghtalen, 2003).

$$P_0 = P_6 a_r (0,858I^3 - 0,781I^2 + 0,774I + 0,04) \quad (\text{Eq. 38})$$

Onde:

P_0 – *First Flush* (mm)

P_6 – Precipitação média de um dia para o período de retorno de 6 meses (mm)

a_r – Coeficiente de regressão, variável de acordo com o tempo de detenção de 12 h, 24 h e 48 h, com valores, respectivos, de 1,104, 1,299 e 1,545

³⁰ AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). ASCE Manual and Report of Engineering Practice n. 87/WEF Manual of Practice n. FD-23. **Urban Runoff Quality Management**. Alexandria, VA, 1998.

I – Área impermeável em fração (0 a 1)

O volume necessário para melhoria da qualidade de água (WQ_V) é calculado pela equação 39, apresentada por Schueler (1987)³¹ citado por Tomaz (2009).

$$WQ_V = (P_0/1000)AR_V \quad (\text{Eq. 39})$$

Onde:

WQ_V – Volume para melhoria da qualidade da água de chuva (m^3)

P_0 – *First Flush* (mm)

A – Área de drenagem (m^2)

R_V – Coeficiente volumétrico adimensional calculado pela equação 40

$$R_V = 0,05 + 0,009I \quad (\text{Eq. 40})$$

Onde:

I – Área impermeável em fração (0 a 1)

O volume total da *Wetlands* deve considerar os volumes de pré-tratamento, permanente e temporário. O volume permanente, normalmente, é de $1WQ_V$ a $2WQ_V$ e o temporário de $0,5WQ_V$ a $1WQ_V$. O pré-tratamento será uma porcentagem do total de volume permanente e temporário, normalmente entre 10% a 15%, que deve ser descontado do volume total permanente e temporário calculado.

A partir da metodologia apresentada, foram calculados os volumes e áreas de *Wetlands* para atender às grandes bacias de drenagem A a I, a partir das seguintes premissas:

- Para atender no máximo 1 km^2 de área, respeitando o limite imposto pela metodologia da Associação Americana de Engenharia Civil, citada por Akan e Houghtalen (2003), deverão ser implantados dois conjuntos de *Wetlands* para as bacias A, B, C e H. Haverá a necessidade de que a vazão afluente será dividida, por caixa divisora de fluxo, para os dois sistemas;
- Valor de P_6 assumido de acordo com o valor estimado por Hoppers (2016) para a cidade de Nobres: 28mm;

³¹ SCHUELER, T. R. **Controlling urban runoff: A practical manual for planning and designing urban BMPs**. Water Resources Publications, 1987.

- Tempo de detenção hidráulica máximo: de 24 horas;
- O sistema de *Wetlands* será aplicado em conjunto com a vala de infiltração, ou seja, considerou-se a área impermeável de 30%, devido ao impacto na redução de volume em função da implantação das valas de infiltração;
- Volume do pré-tratamento: 15% dos volumes permanente e temporário;
- Volume área profunda: 25% dos volumes permanente e temporário;
- Volume área rasa: 25% dos volumes permanente e temporário;
- Volume da área estendida: 50% dos volumes permanente e temporário;
- Profundidade no volume de pré-tratamento: 1,6 m;
- Profundidade no volume da área profunda: 0,9 m;
- Profundidade no volume da área rasa: 0,3 m; e
- Profundidade no volume da área estendida: variável com média de 0,9 m.

A TABELA 59 apresenta os volumes necessários para melhoria de qualidade (WQ_V) das águas pluviais por bacia de contribuição, enquanto na TABELA 60 são apresentados os volumes e áreas necessários de *Wetlands* construídas para o sistema SSA com SUDS.

TABELA 59 – VOLUMES DE *WETLANDS* NECESSÁRIOS PARA MELHORIA DE QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS (WQ_V)

<i>Wetlands</i>	Bacia	<i>A</i> (m²)	<i>I</i>	<i>Rv</i>	<i>P</i> ₀ (mm)	<i>WQ_V</i> (m³)
1a	A	574669,5	0,3	0,0527	8,190	248,0
1b	A	574669,5	0,3	0,0527	8,190	248,0
2a	B	920935,1	0,3	0,0527	8,190	397,5
2b	B	920935,1	0,3	0,0527	8,190	397,5
3a	C/H	673746,7	0,3	0,0527	8,190	290,8
3b	C/H	673746,7	0,3	0,0527	8,190	290,8
4	D	123467,6	0,3	0,0527	8,190	53,3
5	E	370345,7	0,3	0,0527	8,190	159,8
6	F	210550,4	0,3	0,0527	8,190	90,9
7	G	281076,7	0,3	0,0527	8,190	121,3
8	I	741653,0	0,3	0,0527	8,190	320,1

FONTE: AUTOR.

NOTA: P_0 calculado pela equação 38 (p. 212) com a_r de 1,299 para um tempo de detenção de 24 horas e P_6 de 28 mm.

TABELA 60 – VOLUMES E ÁREAS DE *WETLANDS* NECESSÁRIOS PARA O SISTEMA SSA COM SUDS

Wetlands	Volume perm. + temp. (m³)	Volume pré-tratamento (m³)	Área pré-tratamento (m²)	Volume perm. + temp. descontado pré-tratamento (m³)	Área profunda (m²)	Área rasa (m²)	Área estendida (m²)	Área Total (m²)
1a	372,0	55,8	34,9	316,2	87,8	263,5	175,7	561,9
1b	372,0	55,8	34,9	316,2	87,8	263,5	175,7	561,9
2a	596,2	89,4	55,9	506,8	140,8	422,3	281,5	900,5
2b	596,2	89,4	55,9	506,8	140,8	422,3	281,5	900,5
3a	436,2	65,4	40,9	370,8	103,0	309,0	206,0	658,8
3b	436,2	65,4	40,9	370,8	103,0	309,0	206,0	658,8
4	79,9	12,0	7,5	67,9	18,9	56,6	37,7	120,7
5	239,8	36,0	22,5	203,8	56,6	169,8	113,2	362,1
6	136,3	20,4	12,8	115,9	32,2	96,6	64,4	205,9
7	182,0	27,3	17,1	154,7	43,0	128,9	85,9	274,8
8	480,1	72,0	45,0	408,1	113,4	340,1	226,7	725,2

FONTE: AUTOR.

Comparando-se as áreas estimadas para as *Wetlands* construídas para a complementação do tratamento de esgotos e as áreas estimadas para atender à drenagem, observa-se que as áreas requeridas para o tratamento de esgotos são maiores, a exceção das bacias G e I como apresentado na TABELA 61. Assim, optou-se por assumir as áreas calculadas para o tratamento de esgotos também para o sistema SUA com SUDS, no caso das bacias A a F e para as bacias G e I as áreas requeridas calculadas pela metodologia apresentada para o SUDS.

TABELA 61 – ÁREAS DE *WETLANDS* NECESSÁRIOS PARA ALTERNATIVA SUA COM SUDS

Bacia drenagem	Área requerida pelo tratamento de esgotos(m²)	Área requerida pelo SUDS (m²)	Área adotada para as <i>Wetlands</i> para o sistema com SUDS (m²)
A	1876	1124	1876
B	3403	1801	3403
C/H	3872	1318	3872
D	905	121	905
E	1053	362	1053
F	500	206	500
G	89	275	275
I	499	725	725

FONTE: AUTOR.

Realizado o pré-dimensionamento de todos os elementos dos quatro cenários, SSA e SUA sem SUDs, e SSA e SUA com SUDs, foram realizadas a análise econômica e ambiental, para determinar o sistema mais econômico e o que trará maior benefício ambiental, em termos de remoção de poluentes.

5.3.9 Avaliação das Alternativas

A avaliação das alternativas foi desenvolvida em termos técnicos para as redes coletoras, apresentando o atendimento aos critérios hidráulicos estabelecidos para seu dimensionamento, ou seja, constou de uma avaliação estritamente de atendimento técnico para demonstrar que todos os trechos das redes coletoras atendem aos requisitos hidráulicos dos sistemas.

A segunda avaliação foi a econômica para classificar as alternativas, segundo os custos de implantação e operação dos sistemas.

A terceira análise foi a ambiental, com o objetivo de classificar as alternativas segundo sua capacidade de remoção de carga de poluição.

Realizadas as duas análises anteriores, foi desenvolvida uma análise global, considerando os aspectos econômicos e ambientais, de maneira a se determinar uma classificação final para as alternativas, caracterizando-se, então, como uma Análise Custo Benefício (ACB) para os sistemas.

Finalmente, considerando que os parâmetros econômicos utilizados são variáveis estimativas, foi realizada uma análise de sensibilidade para os custos de implantação tratamento individual, o qual mostrou-se decisivo para a escolha do sistema implantado. Uma segunda análise de sensibilidade foi realizada, considerando a implantação de tratamento terciário para remoção de nutrientes, nos sistemas SSA. A terceira análise realizada foi integrando as duas primeiras análises de sensibilidade.

5.3.9.1 Avaliação de desempenho hidráulico

O dimensionamento hidráulico das redes coletoras de esgoto e de drenagem foi realizado considerando os critérios apresentados na TABELA 6 (p. 76), para a rede coletora de esgotos do sistema SSA, e para a rede de drenagem, tanto para o SSA como SUA, a metodologia de transporte de sedimentos apresentada no item 4.5.5.1

(p. 87). Para ambas as redes foram considerados o cobrimento mínimo de 0,90 m e velocidade máxima de 5,00 m/s de transporte nas tubulações.

a) Rede coletora de esgotos

Todas as tubulações da rede coletora de esgotos do sistema SSA são em PVC, sendo, então, a tensão trativa mínima de 0,6 Pa, como estabelecido na norma da ABNT NBR 14486. Assim, são apresentados na TABELA 62, separado por classes de tensão trativa, o número de trechos de tubulações para cada faixa da rede coletora dimensionada, demonstrando o atendimento ao critério para todos os 1.007 trechos.

TABELA 62 – NÚMERO DE TRECHOS POR CLASSES DE TENSÃO TRATIVA (Pa) DA REDE COLETORA DE ESGOTOS DO SSA

Limite inferior	Limite superior (*)	Trechos	Porcentagem
0,6 (*)	1,0	373	37,04%
1,0	2,0	204	20,26%
2,0	3,0	173	17,18%
3,0	4,0	131	13,01%
4,0	5,0	66	6,55%
5,0	6,0	28	2,78%
6,0	7,0	8	0,79%
7,0	8,0	9	0,89%
8,0	9,0	4	0,40%
9,0	10,0	3	0,30%
10,0	11,0	3	0,30%
11,0	12,0	4	0,40%
12,0	13,0	1	0,10%

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) – Incluso na classe

Observa-se que, considerando a vazão mínima de transporte, mais de 50% dos trechos dimensionados apresentam tensão trativa mínima de 0,6 Pa a 2,0 Pa, indicando uma otimização dos trechos dimensionados. Observa-se ainda que em 144 trechos a tensão trativa mínima foi de 0,6 Pa, representando 14,30% do número total de trechos.

Com relação à velocidade máxima, considerando a vazão máxima de transporte, todas ficaram bem abaixo do limite imposto de 5,00 m/s, como é mostrado na TABELA 63.

Observa-se ainda que em todos os trechos dimensionados a velocidade máxima estimada foi abaixo da velocidade crítica (v_c) calculada, indicando que a

lâmina máxima a ser observada é de 75%. A TABELA 64 apresenta o número de trechos por faixa de lâminas máximas observadas.

TABELA 63 – NÚMERO DE TRECHOS POR CLASSES DE VELOCIDADE (m/s) DA REDE COLETORA DE ESGOTOS DO SSA

Limite inferior	Limite superior (*)	Trechos	Porcentagem
0,2 (*)	0,3	4	0,4%
0,3	0,4	3	0,3%
0,4	0,5	330	32,8%
0,5	0,6	90	8,9%
0,6	0,7	104	10,3%
0,7	0,8	133	13,2%
0,8	0,9	105	10,4%
0,9	1,0	110	10,9%
1,0	1,1	61	6,1%
1,1	1,2	33	3,3%
1,2	1,3	11	1,1%
1,3	1,4	9	0,9%
1,4	1,5	7	0,7%
1,5	1,6	6	0,6%
1,6	1,7	1	0,1%

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) – Incluso na classe

As tabelas apresentadas, demonstram que, tecnicamente, a rede coletora do SSA atende aos critérios hidráulicos estabelecidos para seu dimensionamento.

TABELA 64 – NÚMERO DE TRECHOS POR CLASSES DE LÂMINA MÁXIMA (m/m) DA REDE COLETORA DE ESGOTOS DO SSA

Limite inferior	Limite superior (*)	Trechos	Porcentagem
0,10 (*)	0,20	28	2,78%
0,20	0,25	187	18,57%
0,25	0,30	219	21,75%
0,30	0,35	114	11,32%
0,35	0,40	64	6,36%
0,40	0,45	281	27,90%
0,45	0,50	26	2,58%
0,50	0,55	18	1,79%
0,55	0,60	10	0,99%
0,60	0,65	19	1,89%
0,65	0,70	7	0,70%
0,70	0,75	34	3,38%

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) – Incluso na classe

b) Rede coletora de drenagem

O principal critério de verificação da rede de drenagem, para metodologia adotada no presente trabalho, é a velocidade mínima de transporte a ser verificada de acordo com a tipologia de transporte de sedimentos, *bedload* ou suspensão,

ocorrendo nos trechos de tubulação dimensionados. Como apresentado no item 5.2.3.3 (p. 144) foi assumido que, para número de Rouse (Z) menores que 1,2, o transporte ocorre totalmente em suspensão e para valores maiores ou iguais como *bedload*. A TABELA 65 apresenta, por sistema avaliado, a quantidade de trechos discretizadas por tipologia de transporte para as redes coletoras.

TABELA 65 – NÚMERO DE TRECHOS POR TIPOLOGIA DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

SISTEMA	BEDLOAD		SUSPENSÃO	
	Trechos	% (*)	Trechos	% (*)
SSA sem SUDS	382	72%	149	28%
SSA com SUDS	429	81%	102	19%
SUA sem SUDS	765	85%	132	15%
SUA com SUDS	813	91%	84	9%

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) – Total de trechos para os sistemas SSA, com e sem SUDS, 531 e SUA, com e sem SUDS, 897

Observando os resultados apresentados, considerando o transporte de sedimentos por *bedload*, o que em geral requer menores velocidades, porém sempre garantindo a velocidade mínima para evitar o acúmulo de sedimentos, consequentemente indicando menores declividades possíveis, de maneira a se garantir o carreamento desses, o dimensionamento resultou mais otimizado das redes coletoras, para um determinado diâmetro. A TABELA 66 apresenta o número de trechos, separados por classes de velocidades, para cada sistema avaliado.

TABELA 66 – NÚMERO DE TRECHOS POR CLASSES DE VELOCIDADES (m/s) DA REDE COLETORA DE DRENAGEM E COMBINADA DOS SISTEMAS AVALIADOS

Limite das classes		SSA sem SUDS		SSA com SUDS		SUA sem SUDS		SUA com SUDS	
Inferior	Superior (*)	Trechos	%	Trechos	%	Trechos	%	Trechos	%
0,10 (*)	0,60	0	0,0%	0	0,0%	364	40,6%	364	40,6%
0,60	1,20	14	2,6%	26	4,9%	16	1,8%	34	3,8%
1,20	1,75	41	7,7%	46	8,7%	51	5,7%	55	6,1%
1,75	2,30	40	7,5%	81	15,3%	49	5,5%	78	8,7%
2,30	2,85	87	16,4%	114	21,5%	82	9,1%	113	12,6%
2,85	3,40	84	15,8%	82	15,4%	88	9,8%	86	9,6%
3,40	3,95	76	14,3%	67	12,6%	71	7,9%	76	8,5%
3,95	4,50	76	14,3%	71	13,4%	89	9,9%	55	6,1%
4,50	5,00	113	21,3%	44	8,3%	87	9,7%	36	4,0%
Total		531	100,0%	531	100,0%	897	100,0%	897	100,0%

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) – Incluso na classe

Os resultados apresentados mostram que, para os sistemas SSA com e sem SUDS, as velocidades ficaram sempre acima de 0,60 m/s, menor velocidade mínima

observada dentre as capitais do Brasil, apresentadas na TABELA 8 (p. 89). Já para o sistema SUA, com e sem SUDS, 364 trechos apresentam velocidades menores que a referida velocidade mínima de 0,60 m/s, observando que todos esses trechos de tubulação são aqueles que conectam os esgotos tratados individualmente no lote e a rede de drenagem, tendo sido estimado uma velocidade mínima de 0,14 m/s. Observa-se que em cada trecho, em todos os cenários, a velocidade mínima requerida é atendida, quer seja para o transporte de sedimento como *bedload* ou em suspensão, sendo que para esse último todas as tensões trativas resultaram bem acima do valor mínimo de 1,07 Pa (p. 90) requerida.

Com relação à velocidade máxima, o limite de 5,00 m/s foi atendido em todos os trechos, como apresentado.

Finalmente, a dinâmica do dimensionamento das redes procura estabelecer, basicamente, o binário diâmetro e declividade adequados a transportar a vazão estimada, alterando-se um ou outro ou os dois parâmetros, observando os limites estabelecidos através dos critérios de dimensionamento. No caso da rede de coletora de drenagem, do SSA, e combinada do SUA, o principal critério adotado foi a velocidade mínima que garantisse o transporte de sedimentos, quer seja por *bedload* ou suspensão. Além, do critério principal, que deve ser sempre observado no dimensionamento, devem ser considerados outros critérios, aqui chamados de secundários, não pela importância, mas sim por serem verificados após o critério de velocidade mínima ser atendido, sendo os mesmos:

- Cobrimento mínimo: procurar diminuir o cobrimento, mas garantindo o atendimento a todos os demais critérios;
- Lâmina máxima: procurar utilizar a capacidade máxima de transporte da tubulação, que, no caso de seções circulares, ocorre a aproximadamente 91% do diâmetro, também observando os demais critérios; e
- Velocidade máxima: verificar se a velocidade de escoamento dentro da tubulação se mantém abaixo do limite máximo estabelecido.

A partir dessas considerações foram, então, determinados os critérios preponderantes no dimensionamento dos trechos, que resultaram na necessidade de se alterar o diâmetro ou a declividade ou os dois parâmetros. A TABELA 67 apresenta os resultados dessa análise.

TABELA 67 – NÚMERO DE TRECHOS POR CRITÉRIO DECISOR DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM E COMBINADA DOS SISTEMAS AVALIADOS

Critério	SSA sem SUDS		SSA com SUDS		SUA sem SUDS		SUA com SUDS	
	Trechos	%	Trechos	%	Trechos	%	Trechos	%
Cobrimento	146	27,50%	183	34,46%	335	37,35%	335	37,35%
Lâmina	333	62,71%	295	55,56%	329	36,68%	329	36,68%
Velocidade Máxima	27	5,08%	18	3,39%	23	2,56%	23	2,56%
OTA e NALLURI (2003)	25	4,71%	35	6,59%	210	23,41%	210	23,41%
MACKE (1982)	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%

FONTE: AUTOR.

Observando os resultados, para o sistema SSA, sem e com SUDS, o critério de maior preponderância foi o da lâmina máxima, indicando uma maximização da utilização das tubulações, seguido do cobrimento mínimo, indicando uma economia nos volumes de escavação de valas. O critério de velocidade mínima foi atendido em todos os trechos, porém, em apenas 25 e 35 trechos, respectivamente para o sistema sem SUDS e com SUDS, esse critério foi determinante na alteração dos diâmetros e/ou declividade. No caso do sistema SUA, sem e com SUDS, o cobrimento e a lâmina máxima, praticamente, tiveram a mesma influência, indicando uma otimização do dimensionamento. O critério da velocidade mínima passa a ter uma importância maior nesses sistemas, principalmente nas tubulações de transporte de esgoto tratado no lote até a rede combinada, fazendo com que os diâmetros e/ou declividade fossem alterados até atender a esse critério, lembrando que os demais critérios também foram respeitados. Observa-se ainda, com relação à velocidade mínima, que esse critério é preponderante nas tubulações cujo transporte é por *bedload*, sendo que, onde o transporte é por suspensão, o atendimento aos demais critérios automaticamente resultou no atendimento à velocidade mínima.

Demonstrado o atendimento técnico das redes coletoras, foram, então, realizadas as demais análises dos sistemas avaliados.

5.3.9.2 Avaliação econômica

A avaliação econômica das alternativas foi desenvolvida a partir do orçamento estimativo das redes coletoras, dos processos de tratamento de esgotos e SUDS a serem implementados. Assumiu-se que os custos de implantação, em todas as alternativas, devem ser subsidiados pelos órgãos públicos, mistos ou

privados, detentores da concessão do saneamento no município, inclusive para os tratamentos de efluentes individuais do SUA.

a) Custo de implantação das redes coletoras

Os custos das redes coletoras foram subdivididos nos custos de implantação dos poços de visita (PV) e das tubulações, a partir dos custos unitários de composições das tabelas SINAPI, com desoneração, da Caixa Econômica Federal, do Estado do Mato Grosso, para o mês de outubro de 2020.

A estimativa dos custos de implantação das redes coletoras baseou-se nas seguintes premissas, com relação à escavação e reaterro:

- Solo estável e uniforme sem necessidade de escoramento. Observa-se que, nos projetos básico, de engenharia ou executivo, deverão ser analisadas as regiões determinando o tipo de solo e a metodologia de escavação a ser realizada;
- Fator de empolamento, para o transporte de terra como bota fora, de 1,25;
- Distância de transporte de terra para disposição de 20 km; e
- Assentamento das tubulações apenas em “berço” de areia.

Os volumes de escavação, areia para berço e terra para disposição, são aqueles estimados no pré-dimensionamento hidráulico das redes, já apresentados e resumidos na TABELA 68, por rede coletora, para cada sistema avaliado.

Os custos de serviços para escavação, assentamento e disposição de materiais por rede coletora, por sistema avaliado, foram baseados nas composições apresentadas no Apêndice 17.

TABELA 68 – VOLUME DE MATERIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DAS REDES COLETORAS

Materiais	Volumes de materiais por rede (m³)				
	Esgoto SSA	Drenagem SSA sem SUDS	Drenagem SSA com SUDS	Drenagem SUA sem SUDS	Drenagem SUA com SUDS
Escavação (sem empolamento)	14.380	301.844	235.035	325.694	263.317
Areia	1.270	11.274	9.911	14.183	12.839
Terra para disposição (sem empolamento)	3.915	79.771	65.524	88.354	74.533
Volume reaterro e berço de areia*	11.735	233.347	179.422	251.523	201.623

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) – Volume de reaterro assumido foi o volume de escavação menos a terra para disposição adicionado o volume de areia

Para a escolha da profundidade dos serviços escavação e reaterro, com o objetivo de simplificar o orçamento estimativo, foram calculadas as médias ponderadas das profundidades observadas para os PVs, pelo número de PVs, distribuídas por classes de profundidades e a ponderação realizada pelo valor máximo de cada classe. A TABELA 69 apresenta as classes e o número de PVs em cada classe, enquanto a TABELA 70 apresenta a profundidade média de PVs de cada classe. Cabe observar que no presente trabalho foram admitidas profundidades de até 8 m, porém isso deve ser verificado para cada caso, dependendo também das características do solo e em acordo com as normas específicas de cada agente responsável pela operação do sistema.

TABELA 69 – NÚMEROS DE PVs POR CLASSES DE PROFUNDIDADE

Classes de profundidades de PVs (m)	Número de PVs				
	Rede de esgotos SSA	Rede de Drenagem SSA sem SUDS	Rede de Drenagem SSA com SUDS	Rede de Drenagem SUA sem SUDS	Rede de Drenagem SUA com SUDS
0,0 - 0,9	667	220	246	501	518
0,9 - 1,0	38	18	19	26	29
1,0 - 2,0	208	112	106	168	159
2,0 - 3,0	66	80	75	113	111
3,0 - 4,0	20	52	60	53	61
4,0 - 5,0	5	52	35	43	30
5,0 - 6,0	3	11	5	7	5
6,0 - 7,0	-	3	4	3	3
7,0 - 8,0	-	2	-	2	-

FONTE: AUTOR.

TABELA 70 – PROFUNDIDADES MÉDIAS PONDERADAS PVs POR REDES DE COLETA

Rede	Profundidade média dos PVs (m)
Rede de esgotos SSA	1,36
Rede de Drenagem SSA sem SUDS	2,27
Rede de Drenagem SSA com SUDS	2,09
Rede de Drenagem SUA sem SUDS	1,81
Rede de Drenagem SUA com SUDS	1,74

FONTE: AUTOR.

Os custos estimados de serviços para a instalação das redes coletoras são mostrados na TABELA 71.

TABELA 71 – CUSTOS ESTIMADOS DE SERVIÇOS PARA INSTALAÇÃO DAS REDES COLETORAS POR REDE COLETORA

Serviços	Custos estimados (R\$)				
	Esgoto SSA	Drenagem SSA sem SUDS	Drenagem SSA com SUDS	Drenagem SUA sem SUDS	Drenagem SUA com SUDS
Custo de escavação/transporte*	221.561,20	4.544.417,14	3.641.358,25	4.972.818,22	4.113.440,21
Custo de reaterro e berço de areia	342.748,95	4.947.781,22	3.858.705,88	5.422.109,02	4.409.933,34
Total	564.310,15	9.492.198,36	7.500.064,13	10.394.927,24	8.523.373,55

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) – Fator de empolamento considerado de 1,25

Finalmente, são apresentados na TABELA 72 os custos estimados de serviços para instalação das redes coletoras por sistema avaliado.

TABELA 72 – CUSTOS ESTIMADOS DE SERVIÇOS PARA INSTALAÇÃO DAS REDES COLETORAS POR SISTEMA AVALIADO

Serviços	Custos estimados (R\$)			
	SSA sem SUDS	SSA com SUDS	SUA sem SUDS	SUA com SUDS
Custo de escavação/transporte	4.765.978,34	3.862.919,45	4.972.818,22	4.113.440,21
Custo de reaterro e berço de areia	5.290.530,17	4.201.454,83	5.422.109,02	4.409.933,34
Total	10.056.508,51	8.064.374,28	10.394.927,24	8.523.373,55
Comparação	1,25	1,00	1,29	1,06

FONTE: AUTOR.

Comparando-se os custos estimados, os sistemas com implementação de SUDS foram os de menores custos, sendo que o SSA com SUDS se apresentou o mais econômico, seguido do SUA com SUDS com um custo de aproximadamente 6% acima do menor encontrado. Os sistemas SSA e SUA, ambos sem SUDS, resultaram, respectivamente, 25% e 29% mais onerosos que o SSA com SUDS. Analisando o SUA sem SUDS e o SUA com SUDS, o primeiro resultou em um custo de 22% acima do segundo.

Para o assentamento de PVs foram calculados os valores por metro escavado, sendo esses valores estimados de acordo com os diâmetros nominais máximos a serem conectados nos mesmos. A TABELA 73 apresenta o resumo dos custos por metro de profundidade, para cada PV, enquanto no Apêndice 17 são

apresentadas as composições e custos unitários extraídos da tabela SINAPI (SINAPI, 2019).

TABELA 73 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE PROFUNDIDADE DE PVs

DN máximo	R\$/m
400	819,67
600	628,92
800	692,57
1000	1.017,82
1300	2.180,87
1800	2.924,77
2300	3.882,89
2800	4.517,35
3300	5.405,13
3900	6.302,35

FONTE: AUTOR.

As redes coletoras pré-dimensionadas possuem dois tipos de materiais, o PVC para diâmetros DN 100 até DN 400 e concreto para diâmetros DN 500 a DN 3900. Assim, foram estimados o custo de assentamento por metro de tubulação para cada diâmetro, sendo na TABELA 74 apresentado o custo por metro para as tubulações em PVC, sendo as composições apresentadas no Apêndice 17.

TABELA 74 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE TUBULAÇÃO DE PVC

DN	R\$/m
100	24,38
150	48,73
200	71,47
250	119,03
300	189,50
350	233,82
400	309,01

FONTE: Adaptado de SINAPI (2019).

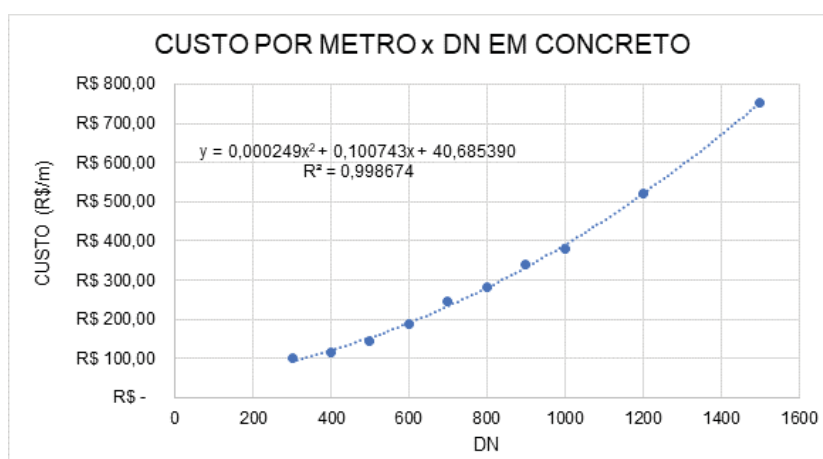
No caso das tubulações em concreto, as tabelas SINAPI apresentam valores até o DN 1500, à exceção de DN 1100, DN 1300 e DN 1400, os quais são apresentados na TABELA 75 e as composições no Apêndice 17. Assim, de maneira a se estimar o custo de diâmetros maiores, e os não apresentados pela tabela SINAPI, foi determinada uma equação relacionando diâmetro nominal com custo por metro de tubulação, para os valores apresentados na tabela SINAPI, apresentada na FIGURA 59. A partir dessa equação foi então estimados os custos por metro de tubulação para diâmetros até DN 3200.

TABELA 75 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE TUBULAÇÃO EM CONCRETO DA TABELA SINAPI

DN	R\$/m
300	100,39
400	113,96
500	146,28
600	186,60
700	247,00
800	281,51
900	339,79
1000	380,57
1200	520,59
1500	753,56

FONTE: Adaptado de SINAPI (2019).

FIGURA 59 – CURVA CUSTO DE ASSENTAMENTO POR METRO x DN PARA TUBULAÇÕES EM CONCRETO



FONTE: AUTOR.

Os custos estimados, para tubulações maiores que DN 1500, são apresentados na TABELA 76.

TABELA 76 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE TUBULAÇÃO EM CONCRETO ESTIMADOS PARA TUBULAÇÕES COM DN NÃO ENCONTRADOS NA TABELA SINAPI (Continua)

DN	R\$/m
1100	453,20
1300	593,03
1400	670,42
1600	840,17
1700	932,53
1800	1.029,87
1900	1.132,20
2000	1.239,51
2100	1.351,82
2200	1.469,11
2300	1.591,38
2400	1.718,64

FONTE: AUTOR.

TABELA 76 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO POR METRO DE TUBULAÇÃO EM CONCRETO ESTIMADOS PARA TUBULAÇÕES COM DN NÃO ENCONTRADOS NA TABELA SINAPI (Final)

DN	R\$/m
2500	1.850,89
2600	1.988,13
2700	2.130,35
2800	2.277,56
2900	2.429,75
3000	2.586,94
3100	2.749,10
3200	2.916,26

FONTE: AUTOR.

A partir dos custos unitários estimados, foram determinados os custos das redes coletoras para cada sistema avaliado. A TABELA 77 apresenta o resumo dos custos de redes coletoras para cada sistema, sendo os custos discretizados mostrados no Apêndice 18.

TABELA 77 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO DE REDES COLETORAS

Rede	Custo PVs (R\$)	Custo Tubulações (R\$)	Total (R\$)
ESGOTO SSA	976.766,17	1.925.020,21	2.901.786,38
DRENAGEM SSA SEM SUDS	2.175.258,69	19.462.405,42	21.637.664,10
DRENAGEM SSA COM SUDS	1.574.798,33	15.421.009,27	16.995.807,60
DRENAGEM SUA SEM SUDS	2.364.000,68	17.788.661,84	20.152.662,52
DRENAGEM SUA COM SUDS	1.848.887,07	16.248.418,58	18.097.305,65

FONTE: AUTOR.

Considerando que para o sistema SSA deverão ser implantadas as duas redes coletoras, a de esgoto e de drenagem, é apresentado na TABELA 78 os custos comparativos de rede coletora para os sistemas SSA e SUA com e sem SUDS.

TABELA 78 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO DE REDES COLETORAS POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Custo (R\$)	Comparação
SSA sem SUDS	24.539.450,48	1,36
SSA com SUDS	19.897.593,98	1,10
SUA sem SUDS	20.152.662,52	1,11
SUA com SUDS	18.097.305,65	1,00

FONTE: AUTOR.

Como pode ser constatado, para os parâmetros assumidos, os custos de rede coletora do SUA com SUDS é o de menor valor, sendo o custo do SSA sem SUDS o de maior valor, com uma diferença de 36% a mais para esse último. Observa-se também, como esperado, as alternativas com SUDS são mais econômicas quando

comparadas com as alternativas sem SUDS, separadamente para o SSA e SUA. Observa-se a diferença de 23% a mais para a alternativa SSA sem SUDS, com relação à com SUDS, e de 11% a mais para a alternativa SUA sem SUDS, quando comparada com a alternativa com SUDS. Isso se deve à diminuição dos diâmetros e volumes de escavação necessários, para as alternativas com SUDS, devido à menor vazão a ser transportada, em função da utilização de trincheiras de infiltração.

Comparando-se os resultados encontrados para os custos de serviços de escavação e os custos de assentamento das tubulações, observa-se que o sistema SSA sem SUDS se mantém o mais oneroso, seguido do SUA sem SUDS, nas duas estimativas. Porém, quando comparados os sistemas SSA com SUDS e SUA com SUDS, ocorre uma inversão, onde para a primeira estimativa o mais econômico resultou no SSA com SUDS e para segunda foi o SUA com SUDS.

Finalmente, foram somados os custos de serviços e de assentamento das tubulações e PVs, os quais são apresentados na TABELA 79.

TABELA 79 – CUSTOS DE ASSENTAMENTO E SERVIÇOS DE ESCAVAÇÃO DE REDES COLETORAS POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Custo de assentamento (R\$)	Custo de serviços (R\$)	Total (R\$)	Comparação
SSA sem SUDS	24.539.450,48	10.056.508,51	34.595.958,99	1,30
SSA com SUDS	19.897.593,98	8.064.374,28	27.961.968,26	1,05
SUA sem SUDS	20.152.662,52	10.394.927,24	30.547.589,76	1,15
SUA com SUDS	18.097.305,65	8.523.373,55	26.620.679,20	1,00

FONTE: AUTOR.

O resultado global apresentado mostra que os custos de materiais e assentamento dos mesmos são predominantes nos custos de implantação de redes coletoras.

Comparando-se os cenários sem e com SUDS, quer seja para o SSA ou SUA, os mais econômicos são as alternativas com SUDS, sendo as alternativas sem SUDS 24% e 15%, respectivamente para o SSA e SUA, mais onerosas.

Fazendo a comparação entre as alternativas sem SUDS, para o SSA e SUA, a primeira é 13% mais onerosa que a segunda e para as mesmas alternativas, agora com SUDS, a primeira é, por uma pequena margem de 5%, mais onerosa.

Comparando-se todas as alternativas a mais econômica é a SUA com SUDS e a mais onerosa a SSA sem SUDS, como apresentado na tabela apresentada.

A partir das análises supracitadas, pode-se concluir que, como esperado e para as premissas assumidas, a alternativa com duas redes coletoras, SSA, tende a ser a mais onerosa quando comparada com o SUA e que a adoção de um SUDS, que minimize as vazões do escoamento superficial a serem transportadas, também contribuem para a economia em redes coletoras.

b) Custo de implantação das elevatórias de esgotos

Como apresentado o sistema de coleta de esgotos, para a alternativa SSA, deverá contar com a implantação de 3 elevatórias de esgotos, atendendo as bacias de esgotamento A, C e D, com as respectivas vazões médias de 13,51 L/s, 0,16 L/s e 10,88 L/s.

O custo de implantação das estações elevatórias foi estimado através da equação 41, apresentada por Pacheco et al. (2015), que estabelece a relação entre custo e vazão para estações elevatórias com altura manométrica de até 15 mca, e determinada a partir de elevatórias com vazões de 2,64 L/s a 39,87 L/s. Observa-se que, apesar da vazão da bacia C estar abaixo da faixa de aplicação da equação apresentada, considerou-se razoável a estimativa de custo por essa equação assumindo que para elevatórias de pequenas vazões, as instalações civil e elétrica possuirão similaridade de porte. Assim, para a estimativa do custo da elevatória C, assumiu-se a vazão mínima de 2,64 L/s, porém para o custo de consumo de energia manteve-se a vazão de 0,16 L/s.

$$y = 98.000 \ln(x) + 250000 \quad (\text{Eq. 41})$$

Onde:

y – Custo (R\$)

x – Vazão (L/s)

Os custos de implantação resultante foram baseados nos valores do ano de 2011, os quais foram atualizados a partir da equação 33 (p. 201) e as taxas de juros apresentadas na TABELA 80.

A TABELA 81 apresenta os custos de cada elevatória, estimados a partir da equação 41 e sua atualização para o ano de 2019.

TABELA 80 – HISTÓRICO DE TAXAS DE JUROS ANUAIS DO BRASIL

Ano	TAXAS DE JUROS
2005	18,50%
2006	13,25%
2007	11,25%
2008	13,75%
2009	8,75%
2010	10,75%
2011	11,00%
2012	7,25%
2013	10,00%
2014	11,25%
2015	14,25%
2016	13,75%
2017	7,50%
2018	6,50%

FONTE: Adaptado de TRADING ECONOMICS (2019).

TABELA 81 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS ELEVATÓRIAS DE ESGOTOS DO SSA

Bacia	Custos de implantação (R\$)	
	2011	2019
A	505.126,24	1.094.910,44
C	345.136,33	748.116,70
D	483.958,86	1.049.028,08

FONTE: AUTOR.

Além dos custos das instalações das elevatórias, foram estimados os custos de implantação das linhas de recalque. Para a estimativa foram adotados os seguintes parâmetros:

- Largura da vala de 0,50 m;
- Profundidade da vala de 1,30 m;
- “Berço” de areia de 0,05 m;
- Diâmetro mínimo da linha de recalque de DN 50; e
- Diâmetro calculado admitindo-se uma velocidade de 1,00 m/s do líquido na tubulação.

A TABELA 82 apresenta os volumes de materiais das valas para implantação das linhas de recalque, enquanto a TABELA 83 apresenta os custos de assentamento e serviços das valas, baseados nos valores das tabelas SINAPI apresentados no Apêndice 17.

TABELA 82 – VOLUME DE MATERIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DE RECALQUE

Bacia	Comprimento (m)	DN	Material	Volumes (m³)			
				Escavação	Areia	Reaterro	Disposição
A	50	50	PVC PBA	32,50	1,25	32,40	1,35
C	211	150	PVC DEFOFO	137,15	5,28	133,42	9,00
D	130	150	PVC DEFOFO	84,50	3,25	82,20	5,55

FONTE: AUTOR.

TABELA 83 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DE RECALQUE DO SSA

Bacia	Custos de implantação (R\$)		
	Assentamento	Serviços vala	Total
A	858,00	1.124,59	1.982,59
C	21.083,12	4.763,89	25.847,01
D	12.989,60	2.935,10	15.924,70

FONTE: AUTOR.

Estimados os custos de implantação das elevatórias e das linhas de recalque, os custos totais das elevatórias, considerados, são as somas das duas parcelas estimadas, as quais são apresentadas na TABELA 84.

TABELA 84 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS ELEVATÓRIAS DO SSA

Elemento	Custo (R\$)
Tubulação	43.754,29
Elevatória	2.892.055,23
Total	2.935.809,52

FONTE: AUTOR.

c) Custo dos sistemas de tratamento de esgotos

Os custos do tratamento de esgotos para o SSA foram apresentados no item 5.3.8.6.2, quando foram avaliados, economicamente, os processos de tratamento de esgotos para o sistema dentre aqueles que atendem os critérios de eficiência estabelecidos. O resultado da escolha foi o processo de tratamento com reatores anaeróbios tipo UASB seguidos de Filtro Biológico Percolador de alta taxa. Assim, os custos de implantação e terreno do processo escolhido são aqui reproduzidos na TABELA 85.

TABELA 85 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO SSA

Item	Custo de Implantação (R\$)
Processo de Tratamento	3.622.945,43
Terreno	683.060,00
Total	4.306.005,43

FONTE: AUTOR.

Para o tratamento de lodo da ETE foram assumidas as seguintes premissas:

- Lodo secundário do FBP estabilizado nos reatores UASB;
- Lodo seco disposto em aterro sanitário, sem utilização;
- Produção de lodo de 1,1 L/hab.dia ou 400 L/hab.ano;
- População atendida de 17077 habitantes (98% da população);
- Concentração do lodo descartado dos reatores UASB de 3%;
- Peso específico do lodo de 1100 kg/m³;
- Secagem de Lodo em leitos de drenagem com taxa máxima de aplicação de 25 kgSS/m²;
- Dimensões de cada leito de drenagem de 20 m de comprimento por 5 m de largura;
- Número de leitos de drenagem reserva igual 50% do número de leitos requeridos; e
- 12 ciclos de secagem de lodo por ano.

Considerando os parâmetros assumidos a área requerida de leitos de drenagem é de 751 m² ou 8 leitos. Contabilizando os leitos reservas, totaliza-se 12 leitos de drenagem a serem implantados na ETE.

O custo unitário de cada leito de drenagem foi assumido de R\$ 102.567,09, sem considerar a aquisição de terreno, a partir de orçamento executivo realizado por Boza (2020a) e Boza (2020b), respectivamente, para duas ETEs da empresa SANEPAR, nos municípios de Jacarezinho e Castro no estado do Paraná, resultando em R\$ 1.180.922,60. O custo do terreno, assumido R\$ 200,00 por metro quadrado, resulta em R\$ 240.000,00. Para a elevatória do percolado, proveniente da secagem do lodo, foi assumido o custo dos projetos supracitados, sendo de R\$ 205.333,33.

Assim, para os 12 leitos de drenagem, o custo total de tratamento de lodo será de R\$ 1.626.255,93.

O tratamento de esgotos considerado para o sistema SUA foi o de fossa séptica seguido de filtro biológico anaeróbio, considerando ainda a implantação de *Wetlands* construídas em cada saída das bacias de drenagem, para complementação do tratamento. Assumiu-se, como premissa, o atendimento de 100% da população, haja visto a descarga do efluente tratado na rede de drenagem que atenderá toda a área urbana do município. Assim, a população atendida será de 17425 habitantes em 2055.

O número de tanques sépticos e filtros anaeróbios é função do número de pessoas atendidas pelas unidades. O censo do IBGE de 2010 apresenta que, do total de domicílios particulares ocupados, 4.475 domicílios, 43 são domicílios coletivos e 3.640 são na área urbana, sem especificar quais domicílios coletivos são na área urbana. Assumindo esses 43 domicílios coletivos na área urbana, tem-se, então 1,18% de domicílios coletivos apenas. Sendo a porcentagem de domicílios coletivos muito pequena, é razoável assumir a taxa média de moradores de 3,4 habitantes por domicílio para toda a área urbana de Nobres. Dessa maneira, transportando essa taxa de moradores para o ano de 2055, com população de 17.425 habitantes na área urbana, tem-se 5.125 domicílios a serem atendidos em Nobres. Outro dado importante do censo de 2010 do IBGE, é a porcentagem de domicílios por tipo de saneamento, que seria de 15,48% adequado, 69,07% semiadequado e 15,45% inadequado (IBGE, 2011).

Observam-se as seguintes definições, da base dados do IBGE:

- Saneamento adequado: *abastecimento de água por rede geral, esgotamento sanitário por rede geral ou fossa séptica e lixo coletado diretamente ou indiretamente.*;
- Saneamento semiadequado: *domicílio com pelo menos uma forma de saneamento considerada adequada.*; e
- Saneamento inadequado: *todas as formas de saneamento consideradas inadequadas.*

No presente trabalho assumiu-se, a favor da segurança, que todos os domicílios com saneamento semiadequado e inadequado, possuem sistema de coleta e tratamento de esgotos nessas condições.

Nobres não possui rede de coleta e tratamento de esgotos, sendo todo o sistema existente individual. Assim, assumindo-se as porcentagens de domicílios atendidos por tipo de saneamento, para o ano de 2025, início de operação do sistema, com população de 13.928 estimada, tem-se 4.096 domicílios, sendo 634 domicílios com saneamento adequado e 3.462 com saneamento semiadequado ou inadequado.

Considerou-se, ainda, que o órgão responsável pela concessão do saneamento seria responsável pelo subsídio do fornecimento dos tanques sépticos e dos filtros anaeróbios para as edificações que ainda não possuem tratamento adequado, ficando à cargo dos usuários a implantação dos mesmos. Para os novos

empreendimentos deve-se exigir a implantação do sistema individual como parte da obra.

Assim, o número de domicílios em 2025 sem saneamento adequado é estimado em 3.426 domicílios, a serem subsidiados com sistema de saneamento, ou seja, 3.426 tanques sépticos e filtros anaeróbios.

Os custos unitários de tanques sépticos e filtros anaeróbios são, respectivamente, de R\$ 1.247,66 e R\$ 3.125,15, como apresentado no Apêndice 17, dado extraído da tabela SINAPI, resultando em um custo total de tratamento individual de R\$ 14.981.247,06. Os custos de implantação da *Wetlands* construída para a complementação do tratamento de esgotos individual são apresentados no item de custos de implantação do SUDS.

Para o tratamento de lodo do tratamento individual foram assumidas as seguintes premissas:

- Lodo do tratamento já estabilizado na fossa séptica;
- Lodo retirado das fossas sépticas retirados e dispostos em leitos de drenagem implantados na área do aterro sanitário, sem utilização posterior;
- Produção de lodo de 1,1 L/hab.dia ou 400 L/hab.ano;
- População atendida de 17425 habitantes (100% da população);
- Concentração do lodo descartado de 2,5%;
- Peso específico do lodo de 1100 kg/m³;
- Secagem de Lodo em leitos de drenagem com taxa máxima de aplicação de 25 kgSS/m²;
- Dimensões de cada leito de drenagem de 30 m de comprimento por 15 m de largura;
- 4 ciclos de retirada de lodo anualmente;
- Número de dias, por ciclo, entre o transporte de lodo e secagem do mesmo, de 91 dias; e
- Número de leitos de drenagem reserva igual 50% do número de leitos requeridos.

Considerando os parâmetros assumidos a área requerida de leitos de drenagem é de 4.500 m² ou 10 leitos. Contabilizando os leitos reservas, totaliza-se 15 leitos de drenagem a serem implantados no aterro sanitário.

Considerando que o custo unitário de cada leito de drenagem foi estimado em R\$ 102.567,09, e o custo do terreno de R\$ 200,00 por metro quadrado, o valor total em leitos de drenagem é de R\$ 2.826.991,86. Para a elevatória de percolado, recalcando o líquido para tratamento na ETE do Aterro Sanitário, assumiu-se o valor de R\$ 205.333,33, ou seja, o mesmo estimado para a elevatória da ETE do SSA. Assim, o custo total de tratamento do lodo é estimado em R\$ 3.032.325,19.

d) Custo implantação dos SUDS e *Wetlands* para complementação do tratamento individual para o sistema SUA

Como citado anteriormente, os SUDS assumidos foram a trincheira de infiltração e a *Wetlands* construída, sendo a primeira visando a diminuição do volume do escoamento superficial e, por consequência a diminuição dos diâmetros de tubulações da rede de drenagem, e a segunda visando a melhoria de qualidade da água do escoamento superficial e a complementação do tratamento dos esgotos tratados no lote, no caso do sistema SUA.

Para as trincheiras de infiltração foi estimado o custo de implantação de R\$ 61,97 por metro linear, considerando os valores da tabela SINAPI apresentados no Apêndice 17, considerando a largura de 0,5 m para a trincheira. Observa-se que o valor encontrado é similar ao apresentado por Moura (2004) de R\$ 53,22, para aquele ano e também dentro da faixa encontrada na bibliografia apresentada pela autora. A partir dos comprimentos apresentados na TABELA 58, para trincheiras simples, tem-se os custos totais de implantação, por bacia, apresentados na TABELA 86.

TABELA 86 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

Bacia	Extensão (m)	Custo (R\$)
A	12.040	373.037,03
B	19.130	592.707,50
C	5.945	184.194,78
D	1.445	44.770,64
E	4.108	127.278,75
F	3.247	100.602,26
G	5.047	156.371,92
H	12.874	398.876,97
I	2.780	86.133,13
TOTAL	66.616	2.063.972,97

FONTE: AUTOR.

No caso das *Wetlands* construídas, o custo de implantação foi estimado a partir de contato por “e-mail” com a empresa *Wetlands* construídos, localizada em Belo Horizonte, com o setor de engenharia de aplicação da empresa (BORATTO, 2020). A empresa informou que o custo de implantação, sem considerar a aquisição do terreno, é estimado entre R\$ 200,00 a R\$ 400,00 por metro quadrado de *Wetlands*. No presente trabalho assumiu-se um custo de R\$ 300,00 por metro quadrado para a implantação do sistema e R\$ 200,00 por metro quadrado para a aquisição do terreno, resultando em um valor total de R\$ 500,00 por metro quadrado para as *Wetlands*. Os custos resultantes são apresentados na TABELA 88, TABELA 88 e TABELA 89, respectivamente para os sistemas SSA com SUDS, SUA sem SUDS e SUA com SUDS.

TABELA 87 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS *WETLANDS* CONSTRuíDAS PARA O SISTEMA SSA COM SUDS

Bacia drenagem	Área requerida (m ²)	Custo de Implantação (R\$)
A	1124	561.900,00
B	1801	900.500,00
C/H	1318	658.800,00
D	121	60.350,00
E	362	181.050,00
F	206	102.950,00
G	275	137.400,00
I	725	362.600,00
TOTAL	5.931	2.965.550,00

FONTE: AUTOR.

TABELA 88 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS *WETLANDS* CONSTRuíDAS PARA O SISTEMA SUA SEM SUDS

Bacia drenagem	Área requerida (m ²)	Custo de Implantação (R\$)
A	1.876	938.000,00
B	3.403	1.701.500,00
C/H	3.872	1.936.000,00
D	905	452.500,00
E	1.053	526.500,00
F	500	250.000,00
G	89	44.500,00
I	499	249.500,00
TOTAL	12.197	6.098.500,00

FONTE: AUTOR.

A TABELA 90 apresenta o resumo dos custos estimados para o tratamento de efluentes e o tratamento de lodo, para cada sistema avaliado.

TABELA 89 – CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO DAS WETLANDS CONSTRUÍDAS PARA O SISTEMA SUA COM SUDS

Bacia drenagem	Área requerida (m²)	Custo de Implantação (R\$)
A	1876	938.000,00
B	3403	1.701.500,00
C/H	3872	1.936.000,00
D	905	452.500,00
E	1053	526.500,00
F	500	250.000,00
G	275	137.400,00
I	725	362.600,00
TOTAL	12.609	6.304.500,00

FONTE: AUTOR.

TABELA 90 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES, SUDS E TRATAMENTO DE LODO PARA OS SISTEMAS AVALIADOS

Tratamento	SSA sem SUDS	SSA com SUDS	SUA sem SUDS	SUA com SUDS
Elevatórias	2.935.809,52	2.935.809,52	-	-
Trincheiras	-	2.063.972,97	-	2.063.972,97
Efluentes	4.306.005,43	7.271.555,43	21.079.747,06	21.285.747,06
Lodo	1.626.255,93	1.626.255,93	3.032.325,19	3.032.325,19
Total	8.868.070,87	13.897.593,85	24.112.072,25	26.382.045,22

FONTE: AUTOR.

e) Custo implantação adicionais considerados

Sendo responsabilidade do órgão detentor da concessão dos sistemas de tratamento de esgotos, tanto para o SSA quanto para o SUA, foram consideradas as aquisições de caminhões para a retirada e destinação final do lodo dos tratamentos de esgotos, sendo assumidos as seguintes premissas:

- Aquisição de caminhão e tanque de sucção para retirada e disposição do lodo das fossas sanitárias, sendo consideradas a aquisição de 3 unidades para o atendimento ao sistema SUA; e
- Aquisição de caminhão, caçamba e minicarregadeira, para a retirada de lodo seco da ETE, para disposição em aterro sanitário, para o sistema SSA, considerando-se apenas 1 unidade de cada equipamento.

Os valores assumidos foram aqueles apresentados na tabela SINAPI e reproduzidos no Apêndice 17, resultando nos valores totais estimados, apresentados na TABELA 91.

TABELA 91 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA TRANSPORTE DE LODO

Sistema	Item	Custo Unitário (R\$)	Unidades	Total (R\$)
SUA	Caminhão trucado	294.050,63	3	1.177.651,89
	Tanque com volume de 12 m³	98.500,00	3	
SSA	Caminhão trucado	294.050,63	1	558.396,10
	Caçamba de 10 m³	40.756,99	1	
	Minicarregadeira	223.588,48	1	

FONTE: AUTOR.

f) Resumo e análise dos custos de implantação dos sistemas avaliados

Foram estimados os custos de implantação para os sistemas SSA e SUA, com e sem SUDS, das redes coletoras e dos tratamentos de esgotos e águas pluviais para a área urbana do município de Nobres. A TABELA 92 apresenta o resumo dos custos das redes coletoras, enquanto a TABELA 93 mostra os custos de tratamento, SUDS e demais custos considerados para a implantação dos sistemas.

TABELA 92 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO DAS REDES COLETORAS

Redes	Custo estimado (R\$)
Rede de esgotos SSA	3.466.096,53
Drenagem SSA sem SUDS	31.129.862,46
Drenagem SUA sem SUDS	30.547.589,76
Drenagem SSA com SUDS	24.495.871,73
Drenagem SUA com SUDS	26.620.679,20

FONTE: AUTOR.

TABELA 93 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE TRATAMENTO, SUDS E DEMAIS ITENS AVALIADOS

Item	Custo estimado(R\$)
Trincheira de infiltração	2.063.972,97
Wetlands construída SSA com SUDS	2.965.550,00
Wetlands construída SUA sem SUDS	6.098.500,00
Wetlands construída SUA com SUDS	6.304.500,00
ETE SSA	4.306.005,43
Tratamento do lodo da ETE SSA	1.626.255,93
Elevatórias de esgoto para rede de esgoto SSA	2.935.809,52
Tratamento de esgotos individual SUA	14.981.247,06
Tratamento do lodo SUA	3.032.325,19
Aquisição de caminhão limpa-fossa	1.177.651,89
Aquisição de caminhão basculante para lodo seco	558.396,10

FONTE: AUTOR.

Finalmente a TABELA 94 apresenta os custos estimados e os itens considerados para cada sistema avaliado.

TABELA 94 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Itens	Custo estimado (R\$)	Comparação
SSA sem SUDS	Rede coletora de esgotos SSA Rede coletora de drenagem SSA sem SUDS ETE SSA Tratamento de lodo da ETE SSA Elevatórias de Esgoto para rede de esgoto SSA Transporte de Lodo	44.022.425,97	1,04
SSA com SUDS	Rede coletora de esgotos SSA Rede coletora de drenagem SSA com SUDS Trincheira de Infiltração <i>Wetlands</i> construída ETE SSA Tratamento de lodo da ETE SSA Elevatórias de Esgoto para rede de esgoto SSA Transporte de Lodo	42.417.958,21	1,00
SUA sem SUDS	Rede coletora de drenagem SUA sem SUDS <i>Wetlands</i> construída Tratamento de esgotos individual SUA Tratamento de lodo da SUA Transporte de Lodo	55.837.313,90	1,32
SUA com SUDS	Rede coletora de drenagem SUA com SUDS Trincheira de Infiltração <i>Wetlands</i> construída Tratamento de esgotos individual SUA Tratamento de lodo da SUA Transporte de Lodo	54.180.376,31	1,28

FONTE: AUTOR.

Analisando os custos de implantação, para os itens considerados, os sistemas com redes coletoras separados são os mais econômicos, sendo o sistema com SUDS mais vantajoso, sendo o sem SUDS 4% mais caro. Para os sistemas combinados, o sistema com SUDS se apresenta como mais vantajoso, sendo o sem SUDS 3% mais caro quando comparado com o SUA com SUDS e 32% mais caro com o SSA com SUDS.

A TABELA 95 apresenta os custos discretizados por rede coletora, tratamento e SUDS e transporte de lodo, enquanto a TABELA 96 apresenta a porcentagem de cada um desses custos com relação ao valor total estimado, por sistema avaliado.

Comparando-se os valores observados na TABELA 95, considerando os custos de implantação de rede e tratamento, existe um indicativo de que o subsídio do tratamento individual gera um impacto significativo nos custos, fazendo com que as alternativas com redes combinadas resultem nas mais onerosas.

TABELA 95 – CUSTOS DISCRETIZADOS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Rede (R\$)	Tratamento (R\$)	Transporte de Lodo (R\$)
SSA SEM SUDS	34.595.958,99	8.868.070,87	558.396,10
SSA COM SUDS	27.961.968,26	13.897.593,85	558.396,10
SUA SEM SUDS	30.547.589,76	24.112.072,25	1.177.651,89
SUA COM SUDS	26.620.679,20	26.382.045,22	1.177.651,89

FONTE: AUTOR

TABELA 96 – PORCENTAGENS DE CUSTOS DISCRETIZADOS DE IMPLANTAÇÃO POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Rede	Tratamento	Transporte de Lodo
SSA SEM SUDS	79%	20%	1%
SSA COM SUDS	66%	33%	1%
SUA SEM SUDS	55%	43%	2%
SUA COM SUDS	49%	49%	2%

FONTE: AUTOR.

Além dos custos de implantação apresentados, foram avaliados os custos de energia, transporte de lodo, operação e manutenção dos sistemas de tratamento de esgotos e SUDS.

Para o custo de energia foram considerados os itens apresentados no QUADRO 22 e foi assumido o custo de R\$ 0,46489 por kWh, para o subgrupo A4, classe de serviços públicos, fora da hora de ponta, obtido no *site* da empresa Energisa (ENERGISA, 2019).

QUADRO 22 – ITENS CONSIDERADOS PARA O CUSTO DE ENERGIA

Sistema	Item
SSA	Elevatória de esgotos para transposição da bacia A
	Elevatória de esgotos para transposição da bacia C
	Elevatória de esgotos para transposição da bacia D
	Elevatória de recirculação de efluentes (*)
	Elevatória de percolado da secagem do lodo
	Elevatória de recalque de lodo dos decantadores secundários para os reatores UASB

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) Considerado nas 8 horas de menor vazão e vazão de 50% da vazão média afluente à ETE

Para o sistema SUA foi identificado, no custo de energia, apenas a elevatória de percolado do lodo nos leitos de drenagem dentro do aterro sanitário, considerado como absorvido pelo custo de energia do próprio aterro.

O consumo de energia, de cada item apresentado no QUADRO 22, foi estimado utilizando a equação 42, apresentada em Azevedo Netto et al. (1998).

$$P = \frac{\gamma Q H_{man}}{75\eta} \quad (\text{Eq. 42})$$

Onde:

P – Potência (HP)

γ – Peso específico do líquido (esgoto 1000 kgf/m³)

Q – Vazão (m³/s)

H_{man} – Altura manométrica (mca)

η – Rendimento global do conjunto motor-bomba, entre 0 e 1, assumido 0,70 no presente trabalho

A estimativa dos parâmetros, para a estimativa dos custos de energia, foi baseada nas seguintes premissas:

- Considerada apenas a perda de carga contínua na tubulação;
- Determinação da perda de carga contínua pela equação de Hazen-Williams, apresentada em Azevedo Netto et al. (1998);
- Coeficiente de rugosidade C assumido 100;
- Para a transposição da bacia A:
 - Vazão de recalque retirada do dimensionamento da rede coletora: 13,51 L/s;
 - Desnível geométrico: 3,87 m (desnível entre o ponto de recalque com cota 199,93 m e o ponto de descarga 203,80 m);
 - Velocidade máxima na tubulação: 1 m/s;
 - Diâmetro da linha de recalque: 150 mm;
 - Comprimento da linha de recalque: 50 m; e
 - Horas de operação: 24 horas.
- Para a transposição da bacia C:
 - Vazão de recalque retirada do dimensionamento da rede coletora: 0,16 L/s;
 - Desnível geométrico: 4,93 m (desnível entre o ponto de recalque com cota 200,07 m e o ponto de descarga 205,00 m);
 - Velocidade máxima na tubulação: 1 m/s;
 - Diâmetro da linha de recalque: 50 mm;
 - Comprimento da linha de recalque: 211 m; e
 - Horas de operação: 24 horas.

- Para a transposição da bacia D:
 - Vazão de recalque retirada do dimensionamento da rede coletora: 10,89 L/s;
 - Desnível geométrico: 2,24 m (desnível entre o ponto de recalque com cota 197,76 m e o ponto de descarga 200,00 m);
 - Velocidade máxima na tubulação: 1 m/s;
 - Diâmetro da linha de recalque: 150 mm;
 - Comprimento da linha de recalque: 130 m; e
 - Horas de operação: 24 horas.
- Para a elevatória de recirculação de efluentes:
 - Vazão de recirculação: 20,26 L/s (50% da vazão média afluente à ETE);
 - Altura manométrica: 10 mca (Assumida); e
 - Horas de operação: 8 horas;
- Para a elevatória de percolado dos leitos de drenagem:
 - Produção de lodo do sistema para secagem: 1,10 L/hab.dia (Andreolli et al., 2001);
 - Densidade do lodo para secagem: 1100 kg/m³;
 - Habitantes: 17.077 (98% da população);
 - Concentração de lodo reatores UASB: 3% (Andreolli et al., 2001);
 - Captura de sólidos nos leitos: 95% (Andreolli et al., 2001);
 - Concentração do lodo seco: 25% (Andreolli et al., 2001);
 - Vazão de recirculação: 0,19 L/s;
 - Altura manométrica: 10 mca (Assumida); e
 - Horas de operação: 24 horas.
- Para a elevatória de lodo dos decantadores secundários para os reatores UASB:
 - Produção de lodo: 2 L/hab.dia;
 - Habitantes: 17.077 (98% da população);
 - Vazão de recirculação: 1,19 L/s;
 - Altura manométrica: 10 mca (Assumida); e
 - Horas de operação: 8 horas.

A TABELA 97 apresenta o consumo o custo de energias para as elevatórias supracitadas, enquanto no Apêndice 19 são apresentados os cálculos de consumo de energia para as elevatórias de transposição de bacias e as vazões de percolado lodo considerados.

TABELA 97 – CUSTO ANUAL DE ENERGIA DAS ELEVATÓRIAS DO SISTEMA SSA

Elevatória	Q (m³/s)	Hm (mca)	Pot.(*) (kW)	Operação (horas)	Energia (kW.h/dia)	Energia (kW.h/ano)	Custo anual (R\$)
Transposição da bacia A	0,01351	4,25	0,82	24	19,58	7146	3.322,22
Transposição da bacia C	0,00016	5,02	0,01	24	0,27	99	46,09
Transposição da bacia D	0,01088	2,90	0,45	24	10,77	3933	1.828,35
Recirculação de efluente	0,02027	10,00	2,88	8	23,03	8408	3.908,64
Percolado	0,00019	10,00	0,03	24	0,65	239	111,04
Lodo do decantador secundário para o UASB	0,00119	10,00	0,17	8	1,35	492	228,73
TOTAL			4,35	-	55,66	20317	9.445,08

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) 1 HP = 0,986 cv – 1 cv = 0,735499 W

Para o custo de transporte de lodo foi considerado apenas o custo de combustível de R\$ 3,83 por litro, tendo sido assumidas as seguintes premissas:

- Para o sistema SSA:
 - Número de caminhões caçamba 12 m³: 1;
 - Ciclos de retirada de lodo da ETE para o aterro sanitário: 12;
 - Número de viagens por ciclo de caminhão: 6;
 - Distância média assumida para coleta e descarga, ida e retorno do caminhão: 6 km; e
 - Consumo de combustível por km do caminhão: 2 L.
- Para o sistema SUA:
 - Produção de lodo por habitante: 2,73 L/hab.dia (Andreolli et al., 2001), resultando em aproximadamente 1000 L/hab.ano;
 - Habitantes: 17.425 (100% da população);
 - Número de caminhões limpa-fossa 12 m³: 3;
 - Ciclos de retirada anual: 4 (25% da população por ciclo);
 - Quantidade de dias considerados entre retirada, secagem e disposição no aterro sanitário para recebimento do lodo: 90 dias;
 - Quantidade de dias de retirada por ciclo: 30;
 - Quantidade de viagens por caminhão por dia: 4;

- Distância média percorrida, considerando ida e retorno para retirada, por caminhão: 3 km; e
- Consumo de combustível por km do caminhão: 2 L.

Considerando as premissas adotadas, o custo anual de combustível para o transporte lodo resulta em R\$ 3.311,71 e R\$ 33.117,12, respectivamente para o tratamento centralizado e tratamento individual.

O custo de operação e manutenção dos sistemas de tratamento de esgotos e do SUDS, foram baseados em parâmetros da bibliografia.

Para os sistemas de tratamento de esgotos adotou-se os valores apresentados na FIGURA 13 (p. 86), atualizados para o ano de 2019 a partir dos índices apresentados na TABELA 46 (p. 197). Os resultados são apresentados na TABELA 98.

TABELA 98 – CUSTO ANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Tratamento	Custo unitário (R\$/hab.ano)	População	Total (R\$/ano)
UASB + FBP	18,19	17.077	310.630,63
Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	24,25	17.425	422.556,25

FONTE: AUTOR.

Moura (2004) apresenta o custo de R\$ 16,02 por metro linear e ano para a manutenção de trincheiras de infiltração. Considerando o valor do custo de implantação de R\$ 53,22 por metro estimado pela autora, tem-se um custo anual de manutenção de 30% do valor do custo de implantação. Para o presente trabalho adotou-se 50% do valor do custo de implantação para a manutenção das trincheiras, resultando em R\$ 30,98 por metro e ano. A TABELA 99 apresenta os custos resultantes de manutenção das trincheiras de infiltração.

TABELA 99 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE MANUTENÇÃO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

Bacia	Extensão Simples (m)	Custo simples (R\$/ano)
A	12.040	186.518,51
B	19.130	296.353,75
C	5.945	92.097,39
D	1.445	22.385,32
E	4.108	63.639,37
F	3.247	50.301,13
G	5.047	78.185,96
H	12.874	199.438,48
I	2.780	43.066,57
TOTAL	66.616	1.031.986,49

FONTE: AUTOR.

Com relação ao custo de manutenção e operação das *Wetlands* construídas, considerou-se o valor apresentado na FIGURA 13 (p. 86), também atualizados pelos índices apresentados na TABELA 46 (p. 197), resultando em R\$ 9,09 por habitante e ano. Assim, para a população de 17.425 habitantes, o custo de operação e manutenção das *Wetlands* é estimado em R\$ 158.393,25.

Considerando os valores de implantação, das *Wetlands*, previstos e apresentados na TABELA 93 (p. 238), o custo anual representa 5,3%, 2,6% e 3%, respectivamente para os sistemas SSA com SUDS, SUA sem SUDS e SUA com SUDS. Esses valores estão muito próximos daqueles apresentados por Tomaz (2009), citando a Agência de Proteção Ambiental americana, em que o custo de operação anual de *Wetlands* estaria entre 3% a 5% de seu custo de implantação.

A partir dos custos de operação e manutenção anuais estimados, foram calculados esses custos por sistema avaliado, os quais são apresentados na TABELA 100 com os itens discretizados por sistema.

Os custos de manutenção das redes coletoras não foram considerados na avaliação, assumindo-se que os mesmos são semelhantes em todos os sistemas avaliados.

TABELA 100 – CUSTOS ANUAIS TOTAIS ESTIMADOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS

Sistema	Item	Custo (R\$/ano)	Impacto
SSA sem SUDS	Energia	9.445,08	2,92%
	Transporte de lodo	3.311,71	1,02%
	ETE operação e manutenção	310.630,63	96,06%
	Total	323.387,42	100,00%
SSA com SUDS	Energia	9.445,08	0,62%
	Transporte de lodo	3.311,71	0,22%
	ETE operação e manutenção	310.630,63	20,52%
	<i>Wetlands</i> construídas	158.393,25	10,46%
	Trincheira de infiltração simples	1.031.986,49	68,17%
	Total	1.513.767,16	100,00%
SUA sem SUDS	Tratamento individual	422.556,25	68,81%
	<i>Wetlands</i> construídas	158.393,25	25,79%
	Transporte de lodo	33.117,12	5,39%
	Total	614.066,62	100,00%
SUA com SUDS	Transporte de lodo	33.117,12	2,01%
	Tratamento individual	422.556,25	25,67%
	<i>Wetlands</i> construídas	158.393,25	9,62%
	Trincheira de infiltração simples	1.031.986,49	62,69%
	Total	1.646.053,11	100,00%

FONTE: AUTOR.

Comparando-se os resultados apresentados na TABELA 100, observa-se, como esperado, que os sistemas com SUDS são os mais onerosos, haja visto o maior número de itens implantados no sistema e que requerem manutenção. Comparando-se os sistemas SSA e SUA, sem SUDS, o primeiro se mostra mais vantajoso economicamente, principalmente devido ao maior custo de manutenção e operação do tratamento individual, sendo a diferença de aproximadamente 90% a mais para o sistema SUA. Comparando-se os mesmos sistemas, mas agora com SUDS, o SUA se apresenta mais oneroso em aproximadamente 9%.

O item de maior impacto no custo de operação dos sistemas com SUDS é a operação e manutenção das trincheiras de infiltração, seguido pelos tratamentos de esgoto, tanto para o SSA quanto para o SUA.

A operação das *Wetlands* construídas apresenta um impacto de aproximadamente 10%, para o sistema SSA e de aproximadamente 25% para o sistema SUA com e sem SUDS, enquanto o transporte de lodo e energia se mostram os itens de menor impacto em todos os sistemas, chegando a um máximo de aproximadamente 5,5% para o sistema SUA sem SUDS.

Considerando os 30 anos de operação da ETE, foram calculados os custos, a valor presente, de operação dos sistemas avaliados aplicando-se a equação 31 e a taxa de desconto média de 9,64% ao ano, sendo essa a média das taxas entre os anos de 2009 e 2019, apresentadas na TABELA 101. Observa-se que, para comparação, foram assumidos os custos anuais estimados e apresentados na TABELA 100, para todo o período avaliado, sendo que esses podem variar, caso a caso, dependendo da etapalização das unidades a serem implantadas para cada sistema, ou seja, assumiu-se a implantação de todas as unidades no ano 0.

TABELA 101 – HISTÓRICO DE TAXAS DE JUROS ANUAIS DO BRASIL

Ano	TAXAS DE JUROS
2009	8,75%
2010	10,75%
2011	11,00%
2012	7,25%
2013	10,00%
2014	11,25%
2015	14,25%
2016	13,75%
2017	7,50%
2018	6,50%
2019	5,00%

FONTE: Adaptado de TRADING ECONOMICS (2019).

O valor total estimado para os custos de operação é apresentado na TABELA 102, por sistema, enquanto no Apêndice 20 é apresentado o valor anual dos custos de operação estimados.

TABELA 102 – CUSTOS TOTAIS A VALOR PRESENTE DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO PARA OS SISTEMAS AVALIADOS

Sistema	Custo (R\$)	Comparação
SSA sem SUDS	3.466.886,41	1,00
SSA com SUDS	16.228.394,99	4,68
SUA sem SUDS	6.583.123,19	1,90
SUA com SUDS	17.646.571,26	5,09

FONTE: AUTOR.

Nota: Valor Presente para o período de 30 anos

A ordem de classificação, considerando apenas os custos de manutenção e operação, manteve-se a mesma, com os sistemas sem SUDS mais econômicos e o SSA sem SUDS sendo o mais vantajoso.

Considerando os custos de implantação apresentados na TABELA 94 (p. 239), operação e manutenção a valor presente, estimados na TABELA 102, sendo o primeiro executado no ano 0, os custos totais de cada sistema são aqueles apresentados na TABELA 103.

TABELA 103 – CUSTOS TOTAIS A VALOR PRESENTE DOS SISTEMAS AVALIADOS

Sistema	Custo (R\$)	Comparação
SSA sem SUDS	47.489.312,38	1,00
SSA com SUDS	58.646.353,20	1,23
SUA sem SUDS	62.420.437,09	1,31
SUA com SUDS	71.826.947,58	1,51

FONTE: AUTOR.

Observando os custos totais de cada sistema, os mais econômicos são os sistemas sem SUDS, com o SSA sendo o mais vantajoso. O SUA com SUDS se apresenta como o mais oneroso, sendo 51% mais caro quando comparado com o SSA sem SUDS e 15% quando comparado com o SUA sem SUDS.

De maneira a se identificar os custos mais impactantes, apresenta-se a TABELA 104 com o resumo das comparações realizadas para os custos de implantação, operação e manutenção, e total, dos sistemas avaliados, com classificação em cores das alternativas.

TABELA 104 – ÍNDICES DE COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DOS SISTEMAS AVALIADOS

Sistema	Comparação dos custos		
	Implantação	Operação e manutenção	Total
SSA sem SUDS	1,04	1,00	1,00
SSA com SUDS	1,00	4,68	1,23
SUA sem SUDS	1,32	1,90	1,31
SUA com SUDS	1,28	5,09	1,51

FONTE: AUTOR.

Comparando-se apenas os custos de implantação, como analisado anteriormente, o SSA com SUDS se mostra o mais vantajoso seguido do SSA sem SUDS, indicando que a economia gerada na diminuição dos diâmetros da rede de drenagem, em função da implantação das trincheiras de infiltração, supera os custos de implantação dos dispositivos de SUDS. Os Sistemas Únicos Alternativos (SUA) se apresentam como os mais onerosos, indicando que o impacto dos custos de implantação de tratamento esgotos e *Wetlands* construídas, no caso do SUA sem SUDS, é significativo e do tratamento e SUDS, no caso do SUA com SUDS, sendo essa a alternativa mais onerosa dentre os sistemas avaliados.

Considerando apenas os custos de operação e manutenção das alternativas, observa-se que o sistema SSA sem SUDS torna-se o mais econômico, seguido agora do SUA sem SUDS, indicando que os custos de operação dos sistemas com SUDS geram um impacto considerável nos sistemas, principalmente os custos de operação estimados para as trincheiras de infiltração e do tratamento de esgotos individual, resultando em um custo adicional de 368% e 409%, respectivamente para o SSA com SUDS e SUA com SUDS.

5.3.9.3 Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental foi baseada na eficiência de remoção da carga de poluição anual, avaliada para os parâmetros de matéria orgânica, representada pela DBO, sólidos suspensos totais (SST) e nutrientes, representados pelo nitrogênio (N) e fósforo (P).

A carga de poluição carregada pela drenagem foi estimada através da metodologia apresentada em Akan e Houghtalen (2003) e citada no item 4.5.5.3. (p. 114). Para tanto foram discretizadas as áreas de drenagem de cada bacia, classificando em comercial, residencial e outros, sendo esse último referente a áreas verdes, escolas e demais não enquadrados como residencial ou comercial. A

população urbana foi então, distribuída, proporcionalmente na área residencial. A TABELA 105 apresenta as áreas e população resultantes, por bacia de drenagem.

Para a estimativa de carga de poluição, segundo a metodologia adotada, devem ser determinados o fator de carga do poluente (α), o fator (f), função da densidade populacional e de acordo com a ocupação da área, e o fator de varrição de ruas (s), dependente do intervalo de dias em que ocorre a varrição. Assim foram assumidos:

- Para α : os valores apresentados na TABELA 17;
- Para f : nas áreas residenciais calculado pela equação 21 (p. 118) e para as demais áreas os valores apresentados na TABELA 18; e
- Para s : assumida o intervalo de varrição superior a 20 dias.

Além dos parâmetros apresentados, deve-se determinar a precipitação anual da região. O GRÁFICO 8 apresenta a precipitação acumulada nos últimos 20 anos (2000 a 2019), aqui reproduzidos na TABELA 106. Assim, para a aplicação da metodologia de determinação de carga de poluição da drenagem, assumiu-se o valor médio anual dos últimos 20 anos de 1633 mm.

TABELA 105 – ÁREA POR TIPOLOGIA E POPULAÇÃO DAS BACIAS DE DRENAGEM

Bacia	Área (km²)				% área residencial	População por área residencial
	Total	Outros	Comercial	Residencial		2055
A	1,1493	0,4460	0,0000	0,7034	18,06%	3147
B	1,8420	0,7420	0,0000	1,1000	28,25%	4922
C	0,3142	0,0501	0,0285	0,2355	6,05%	1054
D	0,1356	0,0608	0,0000	0,0747	1,92%	334
E	0,3703	0,1280	0,0000	0,2424	6,22%	1084
F	0,2106	0,0094	0,0000	0,2012	5,17%	900
G	0,2811	0,0333	0,0000	0,2478	6,36%	1109
H	1,0409	0,3175	0,0000	0,7234	18,58%	3237
I	0,7417	0,5414	0,0000	0,2003	5,14%	896
p1	0,0516	0,0183	0,0000	0,0333	0,85%	149
p2	0,0399	0,0128	0,0000	0,0271	0,69%	121
p3	0,0199	0,0068	0,0077	0,0054	0,14%	24
p4	0,0124	0,0000	0,0030	0,0094	0,24%	42
p5	0,0241	0,0050	0,0067	0,0125	0,32%	56
p6	0,0355	0,0119	0,0059	0,0177	0,46%	79
p7	0,0143	0,0000	0,0051	0,0092	0,24%	41
p8	0,0156	0,0026	0,0000	0,0130	0,33%	58
p9	0,0347	0,0086	0,0000	0,0261	0,67%	117
p10	0,1498	0,1378	0,0000	0,0120	0,31%	54

FONTE: AUTOR.

TABELA 106 – PRECIPITAÇÃO ANUAL EM NOBRES – MT

Ano	Precipitação anual (mm)
2000	1463
2001	1897
2002	1485
2003	2073
2004	2118
2005	1414
2006	1753
2007	1765
2008	1236
2009	1344
2010	1640
2011	1462
2012	1548
2013	1747
2014	2115
2015	1546
2016	1368
2017	1931
2018	1784
2019	964

FONTE: AUTOR.

Determinados os parâmetros foram estimadas as cargas anuais de poluição apresentados na TABELA 107, por bacia e uso da área.

TABELA 107 – CARGA DE POLUIÇÃO ANUAL EM NOBRES – MT POR BACIA E USO (Continua)

Bacia	Pop. hab	Ocupação	Cargas (kg/ano)			
			DBO	SST	PO₄	N
A	3.147	residencial	599	12.220	26,99	98
B	4.922	residencial	937	19.110	42,21	154
C	1.054	residencial	201	4.092	9,04	33
D	334	residencial	64	1.299	2,87	10
E	1.084	residencial	206	4.211	9,30	34
F	900	residencial	171	3.495	7,72	28
G	1.109	residencial	211	4.305	9,51	35
H	3.237	residencial	616	12.568	27,76	101
I	896	residencial	171	3.479	7,68	28
p1	149	residencial	28	578	1,28	5
p2	121	residencial	23	470	1,04	4
p3	24	residencial	5	94	0,21	1
p4	42	residencial	8	164	0,36	1
p5	56	residencial	11	216	0,48	2
p6	79	residencial	15	308	0,68	2
p7	41	residencial	8	159	0,35	1
p8	58	residencial	11	225	0,50	2
p9	117	residencial	22	453	1,00	4
p10	54	residencial	10	209	0,46	2
A		outros	52	1.232	4,52	27
B		outros	86	2.050	7,52	46
C		outros	6	138	0,51	3
D		outros	7	168	0,62	4
E		outros	15	354	1,30	8

FONTE: AUTOR.

TABELA 107 – CARGA DE POLUIÇÃO ANUAL EM NOBRES – MT POR BACIA E USO (Final)

Bacia	Pop. hab	Ocupação	Cargas (kg/ano)			
			DBO	SST	PO ₄	N
F		outros	1	26	0,09	1
G		outros	4	92	0,34	2
H		outros	37	877	3,22	19
I		outros	63	1.496	5,48	33
p1		outros	2	50	0,18	1
p2		outros	1	35	0,13	1
p3		outros	1	19	0,07	0
p5		outros	1	14	0,05	0
p6		outros	1	33	0,12	1
p8		outros	0	7	0,03	0
p9		outros	1	24	0,09	1
p10		outros	16	381	1,40	8
C		comercial	658	4.566	15,57	61
p3		comercial	177	1.227	4,19	16
p4		comercial	68	472	1,61	6
p5		comercial	155	1.073	3,66	14
p6		comercial	136	943	3,22	13
p7		comercial	118	821	2,80	11
Total			4.921	83.755	206	821

FONTE: AUTOR.

Observa-se que a metodologia adotada, para o fósforo, estima a carga em termos de íon fosfato (PO₄). Dessa maneira, determinou-se a carga de poluição em termos de P, considerando a porcentagem de P presente no íon, de 32,61%, resultando nos valores finais de carga de poluição apresentado na TABELA 108, discretizadas por bacia e porcentagem de contribuição da carga poluidora em cada bacia de drenagem.

TABELA 108 – CARGA E PORCENTAGEM DE POLUIÇÃO ANUAL EM NOBRES – MT POR BACIA

Bacia	DBO		SST		P		N	
	kg/ano	%	kg/ano	%	kg/ano	%	kg/ano	%
A	651	13%	13.452	16%	10,28	15%	126	15%
B	1.023	21%	21.161	25%	16,22	24%	199	24%
C	865	18%	8.797	11%	8,19	12%	97	12%
D	71	1%	1.467	2%	1,14	2%	14	2%
E	221	4%	4.564	5%	3,46	5%	42	5%
F	172	4%	3.521	4%	2,55	4%	29	3%
G	215	4%	4.397	5%	3,21	5%	37	4%
H	653	13%	13.445	16%	10,10	15%	120	15%
I	233	5%	4.975	6%	4,29	6%	61	7%
p1	30	1%	629	1%	0,48	1%	6	1%
p2	25	0%	505	1%	0,38	1%	5	1%
p3	182	4%	1.340	2%	1,46	2%	18	2%
p4	76	2%	636	1%	0,64	1%	8	1%
p5	166	3%	1.303	2%	1,37	2%	16	2%
p6	152	3%	1.284	2%	1,31	2%	16	2%
p7	126	3%	980	1%	1,03	2%	12	1%
p8	11	0%	232	0%	0,17	0%	2	0%
p9	23	0%	477	1%	0,35	1%	4	1%
p10	26	1%	590	1%	0,61	1%	10	1%
TOTAL	4.921	100%	83.755	100%	67,22	100%	821	100%

FONTE: AUTOR.

Considerando que o SUDS foi aplicado para as grandes bacias de drenagem, A a I, foram estimadas as reduções de carga poluidora assumindo as seguintes premissas:

- Trincheiras de Infiltração: foram estimadas as porcentagens de redução de volume de água de chuva do escoamento superficial, em cada bacia e apresentadas na TABELA 109, onde prevê-se a implantação das mesmas assumindo essas porcentagens para a redução da carga poluidora; e
- *Wetlands* construídas: observaram-se uma grande variedade de estudos apresentando eficiências de remoção de poluentes para o dispositivo. Assim, no presente trabalho, foram adotadas as eficiências apresentadas na TABELA 110.

A partir parâmetros e premissas apresentados foram então estimadas as reduções de carga de poluição pela adoção de SUDS para o município de Nobres, mostradas na TABELA 111, em valores absolutos e porcentagem de redução por bacia, enquanto a TABELA 112 mostra as cargas de poluentes remanescentes.

TABELA 109 – PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DE VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL POR BACIA

Bacia	Redução de volume (%)
A	42,47%
B	42,33%
C	50,38%
D	42,90%
E	45,75%
F	53,24%
G	51,41%
H	47,14%
I	27,56%

FONTE: AUTOR.

TABELA 110 – EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE POLUENTES DE WETLANDS CONSTRUÍDA DA LITERATURA E ADOTADA

Parâmetros	Houle et al. (2013)	Charlesworth et al. (2016)	Scholes (1999)	Sperling (2007)	Adotada
DBO	-	-	24%	85%	50%
SST	96%	70%	-	90%	70%
N	58%	30%	-	30%	30%
P	75%	-	-	18%	30%

FONTE: AUTOR.

TABELA 111 – REDUÇÃO DE POLUENTES COM A ADOÇÃO DE SUDS

Bacia	DBO		SST		P		N	
	kg/ano	%	kg/ano	%	kg/ano	%	kg/ano	%
A	452	70%	10.973	82%	5,70	96%	67	54%
B	710	69%	17.239	81%	8,94	96%	105	53%
C	649	75%	7.466	85%	5,29	97%	62	64%
D	49	69%	1.194	81%	0,62	96%	7	53%
E	158	71%	3.773	83%	2,01	97%	23	56%
F	132	76%	3.023	86%	1,70	97%	19	67%
G	162	75%	3.742	85%	2,08	97%	23	64%
H	472	72%	11.189	83%	6,02	97%	69	58%
I	140	60%	3.770	76%	1,77	96%	24	39%
p1	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p2	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p3	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p4	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p5	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p6	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p7	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p8	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p9	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
p10	0	0%	0	0%	0,00	0%	0	0%
TOTAL	2.923	59%	62.369	74%	34,13	85%	401	49%

FONTE: AUTOR.

TABELA 112 – CARGA DE POLUENTES COM A ADOÇÃO DE SUDS

Bacia	DBO		SST		P		N	
	kg/ano	%	kg/ano	%	kg/ano	%	kg/ano	%
A	198	10%	2.479	12%	4,58	14%	59	14%
B	313	16%	3.921	18%	7,27	22%	94	22%
C	216	11%	1.330	6%	2,90	9%	35	8%
D	22	1%	273	1%	0,51	2%	7	2%
E	63	3%	791	4%	1,45	4%	18	4%
F	41	2%	498	2%	0,85	3%	10	2%
G	53	3%	655	3%	1,13	3%	13	3%
H	181	9%	2.256	11%	4,08	12%	51	12%
I	93	5%	1.205	6%	2,52	8%	37	9%
p1	30	2%	629	3%	0,48	1%	6	1%
p2	25	1%	505	2%	0,38	1%	5	1%
p3	182	9%	1.340	6%	1,46	4%	18	4%
p4	76	4%	636	3%	0,64	2%	8	2%
p5	166	8%	1.303	6%	1,37	4%	16	4%
p6	152	8%	1.284	6%	1,31	4%	16	4%
p7	126	6%	980	5%	1,03	3%	12	3%
p8	11	1%	232	1%	0,17	1%	2	0%
p9	23	1%	477	2%	0,35	1%	4	1%
p10	26	1%	590	3%	0,61	2%	10	2%
TOTAL	1.999	100%	21.386	100%	33,09	100%	420	100%

FONTE: AUTOR.

Para o tratamento de esgotos foram avaliadas as cargas de poluição considerando:

- Carga Específica de DBO: 60 g/hab.dia;
- Carga Específica de SST: 55 g/hab.dia;

- Carga Específica de N: 10 g/hab.dia;
- Carga Específica de P: 1,50 g/hab.dia;
- Dados para o tratamento de esgotos SSA:
 - População atendida pelo tratamento de esgotos do SSA de 17.077 habitantes, ou seja, 98% da população;
 - População não atendida pelo tratamento de esgotos de 348 habitantes, ou seja, 2% da população
 - No sistema com SUDS o esgoto não tratado será lançado na rede de coleta de águas pluviais passando pela *Wetlands* construída;
 - Eficiência de remoção do tratamento SSA de 90% de DBO, 89% de SST e 0% de nutrientes (N e P); e
 - Eficiência de remoção *Wetlands* construída de 50% de DBO, 70% de SST, 30% de N e 30% de P.
- Dados para o tratamento de esgotos SUA:
 - Atendimento com tratamento individual no SUA, tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, para 100% da população, ou seja, 17.425 habitantes;
 - Atendimento com tratamento complementar no SUA, *Wetlands* construída, para as bacias de drenagem A a I, atendendo 96% da população, excluindo-se a população das pequenas bacias p1 a p10, resultando em uma população atendida de 16.684 habitantes;
 - O lançamento de esgotos do tratamento individual é direto na rede coletora, sem passar pela trincheira de infiltração, no caso do sistema com SUDS;
 - Eficiência de remoção do tratamento individual do SUA de 80% de DBO, 80% de SST e 0% de nutrientes (N e P); e
 - Eficiência de remoção do tratamento complementar do SUA de 50% de DBO, 70% de SST, 30% de N e 30% de P.

Considerando os parâmetros supracitados, estimou-se a carga de poluição dos efluentes brutos, tratados, não tratados e remanescente do SSA, apresentados na TABELA 113 sem SUDS e na TABELA 114 para o sistema com SUDS.

TABELA 113 – CARGA DE POLUENTES ESGOTO SSA SEM SUDS

Parâmetro	Efluente bruto	Efluente tratado	Efluente não tratado	Remanescente
DBO (kg/Ano)	381.608	37.399	7.621	45.020
SST (kg/Ano)	349.807	51.423	6.986	58.409
N (kg/Ano)	63.601	62.331	1.270	63.601
P (kg/Ano)	9.540	9.350	191	9.540

FONTE: AUTOR.

TABELA 114 – CARGA DE POLUENTES ESGOTO SSA COM SUDS

Parâmetro	Efluente bruto	Efluente tratado	Efluente não tratado (*)	Remanescente
DBO (kg/Ano)	381.608	37.399	3.780	41.179
SST (kg/Ano)	349.807	51.423	2.096	53.519
N (kg/Ano)	63.601	62.331	889	63.220
P (kg/Ano)	9.540	9.350	133	9.483

FONTE: AUTOR.

Nota: (*) Efluente não tratado lançado na rede coletora de drenagem e passando pela *Wetlands* construída

Na TABELA 115 são apresentadas as cargas de efluente bruto, dos tratamentos e remanescente para o sistema SUA.

TABELA 115 – CARGA DE POLUENTES ESGOTO SUA

Parâmetro	Efluente bruto	Efluente Tratamento Individual	Efluente Tratamento Complementar	Efluente somente Tratamento Individual	Remanescente
DBO (kg/Ano)	381.608	76.322	36.246	3.246	39.491
SST (kg/Ano)	349.807	69.961	20.096	2.975	23.071
N (kg/Ano)	63.601	63.601	42.628	2.705	45.332
P (kg/Ano)	9.540	9.540	6.394	406	6.800

FONTE: AUTOR.

Considerando a drenagem e as contribuições de esgotos foram estimadas as cargas totais de poluição para os sistemas SSA e SUA, apresentadas na TABELA 116, enquanto a TABELA 117 apresenta as cargas remanescentes, com os tratamentos e SUDS, para o sistema SSA, e a TABELA 118 para o SUA.

TABELA 116 – CARGAS TOTAIS DE POLUENTES SSA E SUA

Parâmetro	SSA			SUA		
	Drenagem	Esgoto	Total	Drenagem	Esgoto	Total
DBO (kg/Ano)	4.921	381.608	386.529	4.921	381.608	386.529
SST (kg/Ano)	83.755	349.807	433.562	83.755	349.807	433.562
N (kg/Ano)	821	63.601	64.422	821	63.601	64.422
P (kg/Ano)	67	9.540	9.607	67	9.540	9.607

FONTE: AUTOR.

TABELA 117 – CARGAS REMANESCENTES DE POLUENTES SSA

Parâmetro	Sem SUDS			Com SUDS		
	Drenagem	Esgoto	Total	Drenagem	Esgoto	Total
DBO (kg/Ano)	4.921	45.020	49.941	1.999	41.179	43.177
SST (kg/Ano)	83.755	58.409	142.164	21.386	53.519	74.905
N (kg/Ano)	821	63.601	64.422	420	63.220	63.640
P (kg/Ano)	67	9.540	9.607	33	9.483	9.516

FONTE: AUTOR.

TABELA 118 – CARGAS REMANESCENTES DE POLUENTES SUA

Parâmetro	Sem SUDS			Com SUDS		
	Drenagem	Esgoto	Total	Drenagem	Esgoto	Total
DBO (kg/Ano)	4.921	39.491	44.413	1.999	39.491	41.490
SST (kg/Ano)	83.755	23.071	106.826	21.386	23.071	44.457
N (kg/Ano)	821	45.332	46.153	420	45.332	45.752
P (kg/Ano)	67	6.800	6.867	33	6.800	6.833

FONTE: AUTOR.

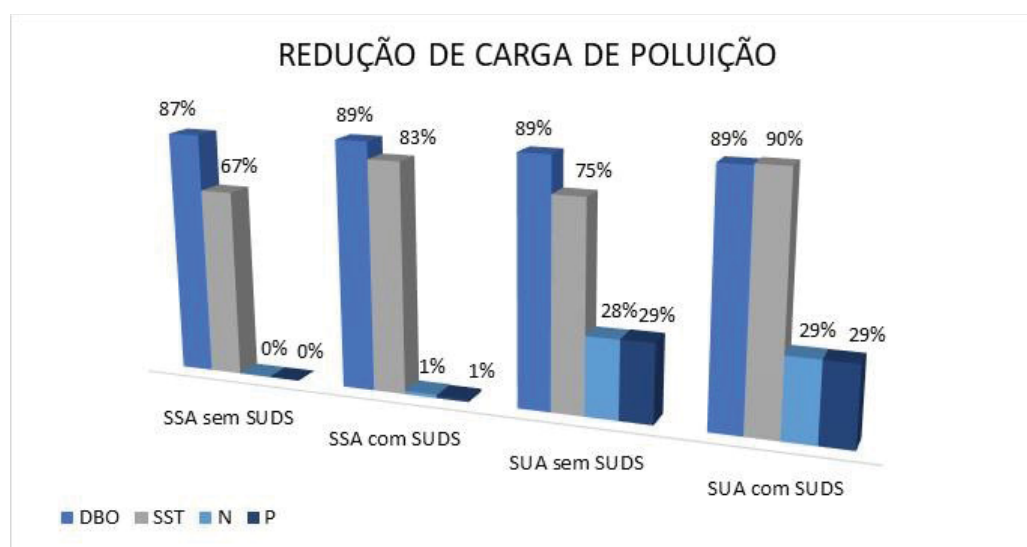
A TABELA 119 e o GRÁFICO 14 apresentam, respectivamente, as estimativas de redução de cargas anuais de poluição e a porcentagem de redução para cada sistema avaliado.

TABELA 119 – REDUÇÃO DE CARGA DE POLUIÇÃO

Parâmetro	SSA sem SUDS	SSA com SUDS	SUA sem SUDS	SUA com SUDS
	kg/Ano	kg/Ano	kg/Ano	kg/Ano
DBO	336.588	343.351	342.116	345.039
SST	291.398	358.657	326.736	389.105
N	0	782	18.269	18.670
P	0	91	2.740	2.774

FONTE: AUTOR.

GRÁFICO 14 – REDUÇÃO DE CARGA DE POLUIÇÃO POR SISTEMA AVALIADO



FONTE: AUTOR.

Comparando os resultados apresentados, em termos de remoção de carga orgânica (DBO), todos os sistemas são similares, se aproximando dos 90% de remoção. O SSA sem SUDS se apresenta o de menor redução em função da estimativa de que 2% da população não será atendida por coleta e tratamento de esgotos, lançando seus efluentes diretamente no corpo hídrico ou na rede de coleta de drenagem, sem nenhum tratamento. No caso do SSA com SUDS, os esgotos não tratados pelo sistema de coleta e tratamento de esgotos, ou seja, de 2% da população, passarão pelas *Wetlands* construídas, aumentando assim a remoção global de matéria orgânica. No caso do SUA, considerando que 100% da população será atendida com tratamento de esgotos individual, mas apenas as grandes bacias de drenagem atendidas pela *Wetlands* construída, apenas complementando o tratamento de esgotos, no caso sem SUDS, e tratando parte das águas pluviais e complementando o tratamento dos esgotos, no caso com SUDS, a remoção máxima de matéria orgânica estimada será de 89%, ou seja, mesmo com parte da população sem complemento no tratamento de esgotos, a eficiência de remoção estimada é maior que a do SSA sem SUDS e a mesma do SSA com SUDS.

No caso dos SST, comparando-se o SSA com o SUA, sem SUDS, o último se apresenta mais eficiente, em função do complemento do tratamento pelas *Wetlands* construídas, como pode ser observado comparando-se os valores de cargas remanescentes de SST pelo tratamento de esgotos apresentados na TABELA 117 e TABELA 118, respectivamente para o SSA sem SUDS e SUA sem SUDS. Comparando-se os dois sistemas, mas agora com SUDS, novamente observa-se o impacto do tratamento complementar no tratamento de esgotos, no caso do SUA com SUDS, onde a redução de SST é mais significativa, resultando nesse sistema como o mais vantajoso. Além disso, comparando-se os dois sistemas SUA, com e sem SUDS, o primeiro é mais eficiente em função das reduções obtidas com a implantação de trincheiras de Infiltração e a retenção de parte dos SST nas *Wetlands* construídas, provenientes das águas pluviais.

Em termos de remoção de nutrientes os sistemas com melhores resultados são os SUA, com ou sem SUDS, estimando-se praticamente a mesma remoção nos dois sistemas, como pode ser observado na TABELA 119. O SSA com SUDS apresenta uma pequena remoção de nutrientes, em torno de 1%, devido à remoção desses nutrientes, nas trincheiras de infiltração e nas *Wetlands* construídas, das águas pluviais.

Globalmente o sistema SUA com SUDS se apresenta o mais eficiente em termos de remoção de poluição, seguido pelo sistema SUA sem SUDS, SSA com SUDS e SSA sem SUDS.

5.3.9.4 Avaliação Global

A avaliação global procurou estimar a efetividade das alternativas avaliadas, estimando-se a carga de poluição removida para cada R\$ 1.000,00 gastos por alternativas, além de avaliar os resultados das duas análises realizadas, econômica e ambiental.

A efetividade foi avaliada para os dois principais parâmetros representativos de poluição, a DBO, representativa do esgoto, haja visto esse ser o maior responsável pela carga, e os SST, representativa da drenagem. Com relação aos nutrientes, N e P, os mesmos não foram considerados para a avaliação, por ter sido considerado que sua remoção não necessária ou essencial (ver item 5.3.8.6.1). Observa-se, porém, que essa premissa é aplicada para o presente estudo de caso, devendo ser avaliado, caso a caso, a necessidade ou não da remoção dos nutrientes, podendo, então, ser aplicada a metodologia ora apresentada para os mesmos. A TABELA 120 apresenta os valores estimados de carga removida de DBO e SST, para cada sistema avaliado.

TABELA 120 – EFETIVIDADE DAS ALTERNATIVAS NA REMOÇÃO DE DBO E SST

Sistema	Carga de DBO _{removida} (kg/1000xR\$)	Carga de SST _{removida} (kg/1000xR\$)
SSA SEM SUDS	213	184
SSA COM SUDS	176	183
SUA SEM SUDS	164	157
SUA COM SUDS	144	163

FONTE: AUTOR.

Observando os dados apresentados o sistema SSA é o mais efetivo, sendo o sem SUDS mais vantajoso para a DBO e praticamente o mesmo que o sistema com SUDS, para a remoção de SST. No caso do SUA, avaliando-se a efetividade da remoção de DBO, o sistema sem SUDS se apresenta como mais efetivo, invertendo-se a ordem, quando comparados os valores para os SST.

Em resumo, considerando as avaliações econômica e ambiental, e as efetividades de remoção de DBO e SST, as classificações das alternativas avaliadas resultaram nas apresentadas na TABELA 121.

TABELA 121 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS

Sistema	Econômica	Ambiental	Efetividade DBO	Efetividade SST
SSA sem SUDS	1º	4º	1º	1º
SSA com SUDS	2º	3º	2º	2º
SUA sem SUDS	3º	2º	3º	4º
SUA com SUDS	4º	1º	4º	3º

FONTE: AUTOR.

A matriz de classificação apresentada mostra uma tendência do sistema SSA sem SUDS ser o mais vantajoso para os parâmetros e critérios utilizados na avaliação. Apenas no critério ambiental o sistema se torna o menos vantajoso, inclusive, para esse critério, a ordem de classificação se inverte quando comparado com o critério econômico. Comparando-se os dois sistemas SSA, para o critério ambiental, o sistema com SUDS se apresenta mais eficaz, com uma remoção de DBO 2% maior, 23% maior para a remoção dos SST e com alguma remoção de nutrientes, enquanto o sem SUDS nenhuma remoção é feita. Considerando a avaliação econômica, o custo da alternativa com SUDS é 23% maior que a sem SUDS.

Comparando-se o sistema SUA, o sistema com SUDS é mais vantajoso para os critérios ambiental e efetividade na remoção de poluentes, sendo a vantagem para o sistema de 14% e 3% respectivamente para a DBO e SST. No critério ambiental, o sistema se mostra mais eficiente com uma remoção superior de 1% e 19%, para a DBO e SST. Já na avaliação econômica, o sistema com SUDS se apresenta 15% mais oneroso que a sem SUDS.

Reforça-se aqui que em todas as alternativas, o critério de remoção de carga de poluição adotado, no caso remoção de DBO, considerando a classe do rio, foram observados para todas as alternativas avaliadas. Além disso, cabe observar que a análise foi realizada em nível de micro bacia de drenagem, referente apenas ao município de Nobres, mas a metodologia pode ser aplicada em nível da bacia hidrográfica, dependendo do órgão gestor que a está utilizando, de maneira a se considerar não só os impactos negativos e positivos para um município, mas a cadeia de impactos gerados por todos os municípios inseridos na bacia de drenagem considerada.

5.3.9.5 Análise de Sensibilidade

Com o objetivo de verificar a robustez do resultado encontrado, foram desenvolvidas três análises de sensibilidade, para a avaliação econômica realizada.

A primeira análise foi desenvolvida considerando uma variação da porcentagem de financiamento dos tratamentos individuais do sistema SUA, enquanto a segunda foi desenvolvida considerando a implantação de tratamento terciário complementar, através de *Wetlands* construídas, para o tratamento de esgotos centralizado do sistema SSA, objetivando a remoção dos nutrientes N e P, de maneira a se equiparar a qualidade do efluente com aquela alcançada no tratamento proposto para o sistema SUA.

A terceira análise foi realizada considerando a variação do subsídio da primeira análise e a implantação do tratamento terciário da segunda análise.

a) Variação do subsídio para o tratamento individual no sistema SUA

O financiamento de obras de implantação no Brasil, basicamente é em nível Federal ou a partir de programas de financiamento de bancos de fomento em nível mundial, como, por exemplo, BNDES, o Banco Mundial e o Banco Inter Americano de Desenvolvimento. A avaliação realizada anteriormente, considerou que 100% da implantação de tratamentos individuais nos sistemas SUA são realizados a partir dos financiamentos supracitados. Porém, a prática de investir em sistemas individuais, pode não ser vista como adequada pelos órgãos financiadores. Assim, a análise de sensibilidade foi desenvolvida para porcentagens de aporte de recursos de implantação do sistema individual de tratamento de esgotos, a serem concedidos pelo órgão financiador, assumindo dessa forma que a sua diminuição se apresenta como um ponto positivo no projeto proposto, isto é, seria a contrapartida do requerente desse financiamento.

Assumiram-se duas possibilidades para o financiamento desses tratamentos individuais, quando não utilizado o financiamento citado:

- Subsídio cruzado em nível municipal, considerando que os bairros com poder aquisitivo maior financiem a implantação dos sistemas para os bairros com menor renda e comunidades carentes, através de um acréscimo, temporário, na taxa de pagamento dos serviços realizados do sistema. Para isso, deve-se realizar um planejamento de implantação dos sistemas, considerando a distribuição da renda per capita da área urbana do município, por bairros. Cabe observar que a transparência nos gastos é de suma importância nessa alternativa,

para demonstrar àquela parcela da população que irá financiar essa implantação, qual o período e exatamente qual a taxa de acréscimo em seus serviços; e

- A segunda possibilidade seria utilizar previamente, a economia de gastos no sistema público de saúde, por doenças originadas de um saneamento inadequado, com a implantação desses sistemas. Observa-se a necessidade de um sistema de monitoramento e banco de dados robusto, do setor de saúde do município, de maneira a se obter um valor mais próximo possível dos gastos de saúde com essas doenças.

Foram estimados os custos de implantação e total, para 3 cenários adicionais, além do subsídio de 100% apresentado na avaliação econômica realizada. No primeiro, considera-se que apenas 50% do valor do subsídio do tratamento individual será realizado pelo órgão responsável pela concessão do sistema, ou seja, subsídio do órgão financiador do sistema, sendo o restante de responsabilidade do usuário, e no segundo toda a implantação do sistema será a cargo do usuário. O tratamento de lodo permanece inteiramente a cargo do órgão responsável pelo sistema. A TABELA 122 apresenta o cenário com 50% de subsídio e a TABELA 123 com o tratamento individual integralmente custeado pelos usuários.

TABELA 122 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO COM 50% DO TRATAMENTO INDIVIDUAL CUSTEADO PELO ÓRGÃO FINANCIADOR DO SISTEMA POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Rede (R\$)	Tratamento (R\$)	Transporte de Lodo (R\$)	Total (R\$)	Comparativo
SSA sem SUDS	34.595.958,99	8.868.070,87	558.396,10	44.022.425,97	1,04
SSA com SUDS	27.961.968,26	13.897.593,85	558.396,10	42.417.958,21	1,00
SUA sem SUDS	30.547.589,76	16.621.448,72	1.177.651,89	48.346.690,37	1,14
SUA com SUDS	26.620.679,20	18.891.421,69	1.177.651,89	46.689.752,78	1,10

FONTE: AUTOR.

TABELA 123 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO COM 0% DO TRATAMENTO INDIVIDUAL CUSTEADO PELO ÓRGÃO FINANCIADOR DO SISTEMA POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Rede (R\$)	Tratamento (R\$)	Transporte de Lodo (R\$)	Total (R\$)	Comparativo
SSA sem SUDS	34.595.958,99	8.868.070,87	558.396,10	44.022.425,97	1,12
SSA com SUDS	27.961.968,26	13.897.593,85	558.396,10	42.417.958,21	1,08
SUA sem SUDS	30.547.589,76	9.130.825,19	1.177.651,89	40.856.066,84	1,04
SUA com SUDS	26.620.679,20	11.400.798,16	1.177.651,89	39.199.129,25	1,00

FONTE: AUTOR.

A TABELA 124 apresenta os custos de implantação considerando 100% do tratamento individual financiados pelo órgão responsável pela concessão, e estimados na análise econômica original.

TABELA 124 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO COM 100% DO TRATAMENTO INDIVIDUAL CUSTEADO PELO ÓRGÃO FINANCIADOR DO SISTEMA POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Rede (R\$)	Tratamento (R\$)	Transporte de Lodo (R\$)	Total (R\$)	Comparativo
SSA sem SUDS	34.595.958,99	8.868.070,87	558.396,10	44.022.425,97	1,04
SSA com SUDS	27.961.968,26	13.897.593,85	558.396,10	42.417.958,21	1,00
SUA sem SUDS	30.547.589,76	24.112.072,25	1.177.651,89	55.837.313,90	1,32
SUA com SUDS	26.620.679,20	26.382.045,22	1.177.651,89	54.180.376,31	1,28

FONTE: AUTOR.

Comparando-se os resultados apresentados na TABELA 122 com os valores da TABELA 124, observa-se uma redução significativa nos custos de implantação dos sistemas SUA, porém, a redução não é suficiente para alterar a classificação originalmente resultante da análise econômica, permanecendo o sistema SSA com SUDS a mais vantajosa economicamente, considerando apenas a implantação.

Considerando 100% dos custos de implantação realizados pelos usuários, os sistemas com SUDS passam a ser mais vantajosos, com o sistema SUA com SUDS sendo o mais econômico e o SSA sem SUDS o mais oneroso.

Os dados do IBGE, como já citado, apresentam 15,45% da população com saneamento inadequado. Assumindo que todos esses habitantes residem na área urbana, resultando em uma população de 2.152 habitantes ou 633 domicílios, para o ano de 2025 com população estimada em 13.928 habitantes. Assim, avaliando um cenário onde apenas sejam subsidiados os domicílios com saneamento inadequado, tem-se um custo de R\$ 2.767.988,73 em sistemas com fossa séptica seguido de filtro anaeróbio, o que representa 18,48% do custo total de implantação de tratamento individual estimado, no cenário em que todo o sistema seria subsidiado.

Assim, para o terceiro cenário adicional avaliado, considerou-se a porcentagem de 15,45% da população do ano de 2025 a ser subsidiada com sistema de tratamento individual, considerando que a população com saneamento parcialmente adequado assuma o custo dessa implantação e a exigência de instalação individual de tratamento de esgotos para novas edificações, os custos dos sistemas resultam nos valores apresentados na TABELA 125.

Os valores apresentados na TABELA 125, quando comparados com os resultados na TABELA 124, mostram que os sistemas SUA se apresentam os mais econômicos ainda, porém, a diferença diminui significativamente, mostrando que, quando comparados os sistemas sem e com SUDS, individualmente, o SSA e SUA praticamente tendem ao mesmo valor, quando considerados apenas os custos de implantação.

TABELA 125 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO COM 18,48% DO TRATAMENTO INDIVIDUAL CUSTEADO ORGÃO FINANCIADOR DO SISTEMA POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	Rede (R\$)	Tratamento (R\$)	Transporte de Lodo (R\$)	Total (R\$)	Comparativo
SSA sem SUDS	34.595.958,99	8.868.070,87	558.396,10	44.022.425,97	1,05
SSA com SUDS	27.961.968,26	13.897.593,85	558.396,10	42.417.958,21	1,01
SUA sem SUDS	30.547.589,76	11.898.813,92	1.177.651,89	43.624.055,57	1,04
SUA com SUDS	26.620.679,20	14.168.786,89	1.177.651,89	41.967.117,98	1,00

FONTE: AUTOR.

A TABELA 126 apresenta o resumo dos custos totais de implantação, operação e manutenção, para cada sistema, considerando os cenários de subsídios do tratamento individual avaliados.

TABELA 126 – RESUMO DOS CENÁRIOS DE PERCENTUAL DE CUSTEIO DE IMPLANTAÇÃO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL, POR PARTE DO ORGÃO FINANCIADOR, POR SISTEMA AVALIADO

Sistema	100,00%		50,00%		18,48%		0,00%	
	Custo (R\$)		Custo (R\$)		Custo (R\$)		Custo (R\$)	
SSA sem SUDS	47.489.312,38	1,00	47.489.312,38	1,00	47.489.312,38	1,00	47.489.312,38	1,00
SSA com SUDS	58.646.353,20	1,23	58.646.353,20	1,23	58.646.353,20	1,23	58.646.353,20	1,24
SUA sem SUDS	62.420.437,09	1,31	54.929.813,56	1,16	50.207.724,49	1,06	47.439.190,03	1,00
SUA com SUDS	71.826.947,58	1,51	64.336.324,05	1,35	59.613.689,25	1,26	56.845.700,52	1,20

FONTE: AUTOR.

Os resultados apresentados mostram que, caso o custo de implantação dos sistemas individuais de tratamento seja realizado pelos usuários do sistema, os sistemas sem SUDS, tanto para o SSA quanto para o SUA, se apresentam como os mais econômicos, praticamente com o mesmo custo entre as alternativas. No caso dos sistemas com SUDS, observa-se que o sistema SUA se apresenta o mais econômico, indicando que a diminuição de redes coletoras de esgoto, em função do

lançamento de esgotos tratados na rede de drenagem, minimizando os custos de implantação superam os gastos adicionais de operação do sistema com SUDS.

Considerando os subsídios de 18,48% e 50% para a implantação dos tratamentos de esgotos individuais, realizados pelo órgão responsável pelo sistema, os sistemas sem SUDS se mantêm os mais vantajosos, mas com o SSA sendo o mais econômico. Comparando os sistemas SUA, sem e com SUDS, o sistema sem SUDS se apresenta mais econômico, mantendo-se assim até o subsídio de 100%. A principal diferença, quando comparados os subsídios de 18,48% e 50% com o subsídio de 100%, é que para os primeiros o sistema SUA sem SUDS é mais vantajoso, quando comparado com o SSA com SUDS, invertendo-se a classificação para o segundo.

Foram estimadas as efetividades de remoção de DBO e SST para os cenários avaliados da análise econômica. Os resultados são apresentados na TABELA 127, incluindo o cenário original com subsídio de 100% para a implantação do tratamento de esgotos individual.

TABELA 127 – EFETIVIDADE DE REMOÇÃO DE DBO E SST (kg/1000xR\$)

Sistema	100,00%		50,00%		18,48%		0,00%	
	DBO	SST	DBO	SST	DBO	SST	DBO	SST
SSA sem SUDS	213	184	213	184	213	184	213	184
SSA com SUDS	176	183	176	183	176	183	176	183
SUA sem SUDS	164	157	187	178	204	195	216	207
SUA com SUDS	144	163	161	181	174	196	182	205

FONTE: AUTOR.

Considerando a efetividade na remoção de DBO, o sistema SSA sem SUDS se apresenta como o mais efetivo onde houver subsídio para o tratamento de esgotos individual, passando a ser o mais efetivo o SUA sem SUDS caso a implantação do sistema de tratamento de esgotos seja inteiramente custeado pelos usuários. Analisando a efetividade na remoção de SST o sistema SSA sem SUDS se mantém na primeira posição para 50% e 100% de subsídio para a implantação do tratamento de esgotos. No caso do subsídio de 18,48% dos tratamentos de esgotos o sistema SUA com SUDS passa a ser o mais vantajoso e para 100% dos custos de implantação arcados pelos usuários, os dois sistemas SUA passam a ser os mais vantajosos, porém, o sistema sem SUDS se torna mais efetivo.

Finalmente foram elaboradas as matrizes de classificação das alternativas para cada cenário adicional avaliado, sendo apresentadas na TABELA 128, TABELA 129 e TABELA 130, respectivamente para os cenários de 50%, 18,48% e 0,00% de subsídio para o tratamento de esgotos individual.

TABELA 128 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS PARA 50% DE SUBSÍDIO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS

Sistema	Econômica	Ambiental	Efetividade DBO	Efetividade SST
SSA sem SUDS	1º	4º	1º	1º
SSA com SUDS	3º	3º	3º	2º
SUA sem SUDS	2º	2º	2º	4º
SUA com SUDS	4º	1º	4º	3º

FONTE: AUTOR.

TABELA 129 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS PARA 18,48% DE SUBSÍDIO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS

Sistema	Econômica	Ambiental	Efetividade DBO	Efetividade SST
SSA sem SUDS	1º	4º	1º	3º
SSA com SUDS	3º	3º	3º	4º
SUA sem SUDS	2º	2º	2º	2º
SUA com SUDS	4º	1º	4º	1º

FONTE: AUTOR.

TABELA 130 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS PARA 0,00% DE SUBSÍDIO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTOS

Sistema	Econômica	Ambiental	Efetividade DBO	Efetividade SST
SSA sem SUDS	1º	4º	2º	2º
SSA com SUDS	3º	3º	4º	4º
SUA sem SUDS	1º	2º	1º	1º
SUA com SUDS	2º	1º	3º	3º

FONTE: AUTOR.

Considerando para os quatro critérios da matriz de avaliação o mesmo peso, quando comparado com a matriz de 100% de subsídio do tratamento individual de esgotos, apresentada na TABELA 121 (p. 259), para o cenário com 50% de subsídio a alternativa SSA sem SUDS se mantém a mais vantajosa, porém a alternativa SUA sem SUDS passa a ser mais vantajosa que a SSA com SUDS, originalmente a segunda melhor classificada. No caso de 18,48% mantém-se o SSA sem SUDS em primeiro lugar e o SUA sem SUDS se “fortalece” na segunda posição. Finalmente, para 100% da implantação do tratamento individual de esgotos totalmente custeado

pelos usuários, a alternativa SUA sem SUDS passa a ser a mais vantajosa, seguida pela alternativa SSA sem SUDS.

Em resumo, o subsídio para implantação do tratamento de esgotos individual impacta diretamente na classificação das alternativas avaliadas, devendo ser determinado cuidadosamente a política de subsídio a ser implantada para o município de Nobres. Uma possibilidade seria o chamado subsídio “cruzado”, normalmente aplicado em nível de municípios, onde um município que gere maior retorno financeiro subsidia o município de menor retorno para a implantação de políticas de saneamento, sendo, nesse caso, aplicado em nível micro, onde as áreas de maior poder aquisitivo subsidiariam a implantação do sistema nas áreas menos abastadas, viabilizando a implantação do SUA sem SUDS.

Observa-se que, para o critério ambiental, a classificação das alternativas não se altera com os cenários avaliados de subsídio, haja visto que a variação do subsídio do custo de implantação do tratamento individual não deve afetar as eficiências de remoção de poluição pré-estimadas.

b) Implantação de tratamento terciário no SSA

O dimensionamento das Wetlands construídas, para complementação do tratamento terciário, foi realizado a partir da metodologia apresentada no item 5.3.8.6.3 (p. 203), cujos parâmetros e premissas assumidas são:

- *Wetlands* do tipo fluxo horizontal;
- Área específica requerida por habitante de 0,7 m²/habitante;
- Carga orgânica entre os limites de 2 a 3 gDBO/m².dia;
- População atendida de 17.077 habitantes (98% da população total atendida);
- Concentração de DBO efluente do tratamento secundário (Filtro Biológico Percolador) de 20 mg/L;
- Custo unitário de implantação, considerando o terreno e a Wetlands, de R\$ 500,00 por metro quadrado; e
- Custo anual de operação e manutenção de R\$ 158.393,25.

A partir dos parâmetros assumidos e premissas adotadas, a área de *Wetlands* construídas necessário resultou no valor apresentado na TABELA 131.

TABELA 131 – ÁREA DE *WETLANDS* CONSTRUÍDAS REQUERIDA PARA O SSA SEM SUDS

Parâmetro	Valor
População (habitantes)	17.077
Carga de DBO (kgDBO/dia)	40
Área requerida (m²)	11.954

FONTE: AUTOR.

Determinada a área requerida o custo total de implantação será de R\$ 5.976.950,00, sendo que o custo de operação anual assumido representa 3% do valor de implantação das *Wetlands*. A TABELA 132 apresenta o custo de implantação total de cada sistema, considerando a implantação do tratamento terciário para os dois sistemas SSA.

TABELA 132 – CUSTOS TOTAIS ESTIMADOS DE IMPLANTAÇÃO POR SISTEMA AVALIADO COM TRATAMENTO TERCIÁRIO COMPLEMENTAR NO SSA

Sistema	Itens	Custo estimado (R\$)	Comparação
SSA sem SUDS	Rede coletora de esgotos SSA Rede coletora de drenagem SSA sem SUDS ETE SSA Wetlands construída para tratamento terciário Tratamento de lodo da ETE SSA Elevatórias de Esgoto para rede de esgoto SSA Transporte de Lodo	49.999.375,97	1,03
SSA com SUDS	Rede coletora de esgotos SSA Rede coletora de drenagem SSA com SUDS Trincheira de Infiltração Wetlands construída para Drenagem Wetlands construída complementação do tratamento de esgotos ETE SSA Tratamento de lodo da ETE SSA Elevatórias de Esgoto para rede de esgoto SSA Transporte de Lodo	48.394.908,21	1,00
SUA sem SUDS	Rede coletora de drenagem SUA sem SUDS Wetlands construída Tratamento de esgotos individual SUA Tratamento de lodo da SUA Transporte de Lodo	55.837.313,90	1,15
SUA com SUDS	Rede coletora de drenagem SUA com SUDS Trincheira de Infiltração Wetlands construída Tratamento de esgotos individual SUA Tratamento de lodo da SUA Transporte de Lodo	54.180.376,31	1,12

FONTE: AUTOR.

A TABELA 133 apresenta o resumo dos custos anuais de operação e manutenção estimados, para todos os sistemas avaliados, considerando nesse cenário a implantação de tratamento terciário, por Wetlands construídas, nos dois sistemas SSA.

TABELA 133 – CUSTOS ANUAIS TOTAIS ESTIMADOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS AVALIADOS COM TRATAMENTO TERCIÁRIO COMPLEMENTAR NO SSA

Sistema	Item	Custo (R\$/ano)	Influência
SSA sem SUDS	Energia	9.445,08	1,96%
	Transporte de lodo	3.311,71	0,69%
	Wetlands construídas para complementação do tratamento de esgotos	158.393,25	32,88%
	ETE operação e manutenção	310.630,63	64,48%
	Total	481.780,67	100,00%
SSA com SUDS	Energia	9.445,08	0,56%
	Transporte de lodo	3.311,71	0,20%
	ETE operação e manutenção	310.630,63	18,58%
	Wetlands construídas para complementação do tratamento de esgotos	158.393,25	9,47%
	Wetlands construídas para a drenagem	158.393,25	9,47%
	Trincheira de infiltração simples	1.031.986,49	61,72%
	Total	1.672.160,41	100,00%
SUA sem SUDS	Tratamento individual	422.556,25	68,81%
	Wetlands construídas	158.393,25	25,79%
	Transporte de lodo	33.117,12	5,39%
	Total	614.066,62	100,00%
SUA com SUDS	Transporte de lodo	33.117,12	2,01%
	Tratamento individual	422.556,25	25,67%
	Wetlands construídas	158.393,25	9,62%
	Trincheira de infiltração simples	1.031.986,49	62,69%
	Total	1.646.053,11	100,00%

FONTE: AUTOR.

Considerando o período de 30 anos, a taxa de desconto média de 9,64%, já justificada no item 5.3.9.5 (p. 246), o valor total estimado para os custos de operação e manutenção são apresentados na TABELA 134, por sistema, enquanto no Apêndice 20 é apresentado o valor anual dos custos estimados.

TABELA 134 – CUSTOS TOTAIS A VALOR PRESENTE DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO PARA OS SISTEMAS AVALIADOS COM TRATAMENTO TERCIÁRIO COMPLEMENTAR NO SSA

Sistema	Custo (R\$)	Comparação
SSA sem SUDS	5.164.946,92	1,00
SSA com SUDS	17.926.455,50	3,47
SUA sem SUDS	6.583.123,19	1,27
SUA com SUDS	17.646.571,26	3,42

FONTE: AUTOR.

Nota: Valor Presente para o período de 30 anos

Comparando-se os valores estimados, para o SSA, dos custos de implantação apresentados na TABELA 94 (p. 239) e TABELA 140, respectivamente para o sistema originalmente avaliado e o sistema com tratamento de esgotos complementar, o aumento nos custos é de 13,6% para o sistema SSA sem SUDS e 14,1% para o SSA com SUDS.

Já para operação e manutenção, confrontando os valores apresentados na TABELA 102 (p. 247) e na TABELA 134, o aumento é mais significativo para o sistema SSA sem SUDS, sendo de 49,0%, e para o sistema SSA com SUDS de 10,5%. Essa diferença é explicada analisando o impacto gerado pela ETE na TABELA 100 (p. 245) e TABELA 133, onde o custo de operação e manutenção da ETE é mais significativo no sistema SSA sem SUDS quando comparado com o sistema SSA com SUDS.

Finalmente, considerando os valores totais de implantação somados aos valores de estimados para a operação e manutenção, sendo o primeiro considerado executado no ano 0, os custos totais resultantes são aqueles apresentados na TABELA 135.

TABELA 135 – CUSTOS TOTAIS A VALOR PRESENTE DOS SISTEMAS AVALIADOS CONSIDERANDO TRATAMENTO TERCIÁRIO PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS NO SISTEMA SSA

Sistema	Custo (R\$)	Comparação
SSA sem SUDS	55.164.322,89	1,00
SSA com SUDS	66.321.363,71	1,20
SUA sem SUDS	62.420.437,09	1,13
SUA com SUDS	71.826.947,58	1,30

FONTE: AUTOR.

Avaliando-se os custos totais observa-se que os sistemas sem SUDS se apresentam como mais vantajosos, sendo ainda o SSA o mais econômico e o SUA 13% mais oneroso. Observa-se que considerando apenas os custos de implantação os sistemas SSA são os mais econômicos, mantendo-se o sistema sem SUDS como mais vantajoso. Já observando os de operação e manutenção, a classificação final resulta semelhante à da classificação considerando os valores totais, onde os sistemas sem SUDS são melhores classificados, com o SSA sendo o mais econômico. No caso dos sistemas com SUDS, ocorre uma inversão, onde na avaliação dos custos totais o SSA se apresenta como mais vantajoso do que o SUA, enquanto que avaliando-se apenas a operação e a manutenção, a classificação inverte-se.

Ainda com relação aos custos totais, comparando-se agora a avaliação original, cujos valores são apresentados na TABELA 103 (p. 247), com os valores considerando o tratamento terciário para o tratamento de esgotos no SSA, cujos valores são apresentados na TABELA 135, a alternativa mais econômica permanece sendo o SSA sem SUDS, porém, a segunda melhor classificada passa ser o SUA sem SUDS, enquanto o SSA com SUDS, originalmente segunda classificada, passa a ser a terceira na análise de sensibilidade realizada. O SUA com SUDS permanece a mais onerosa.

Resumidamente, a TABELA 136 mostra os índices de comparação resultantes da análise de sensibilidade realizada. Observa-se, quando compara-se os valores apresentados com aqueles da análise original, mostrados na TABELA 104 (p. 248), sugerem que os custos adicionais resultantes da implantação do tratamento terciário nos sistemas SSA, geram um impacto relativamente significativo, fazendo com que o sistema SUA sem SUDS passe a ser a segunda melhor classificada, porém, não tão significativa a ponto de alterar a alternativa mais econômica, no caso o SSA sem SUDS.

TABELA 136 – ÍNDICES DE COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DOS SISTEMAS AVALIADOS COM TRATAMENTO TERCIÁRIO DOS ESGOTOS PARA O SSA

Sistema	Comparação dos custos		
	Implantação	Operação e manutenção	Total
SSA sem SUDS	1,18	1,00	1,00
SSA com SUDS	1,00	3,47	1,20
SUA sem SUDS	1,32	1,27	1,13
SUA com SUDS	1,28	3,42	1,30

FONTE: AUTOR.

c) Variação do subsídio para o tratamento individual no sistema SUA em conjunto com a implantação do tratamento terciário dos esgotos gerados no sistema SSA

A última análise de sensibilidade realizada procurou mesclar a primeira e a segunda análises desenvolvidas, considerando a redução do subsídio do tratamento individual nos sistemas SUA e a implantação do tratamento terciário para os esgotos, nos sistemas SSA.

As variações do subsídio foram as mesmas realizadas na primeira análise de sensibilidade, 50%, 18,48% e 0,00% de subsídio. A TABELA 137 apresenta os resultados encontrados.

Os resultados apresentados mostram que o sistema SUA sem SUDS se apresenta como uma alternativa viável, já para um subsídio de 50% dos tratamentos individuais, o que para a análise de sensibilidade, sem o tratamento terciário no SSA, isso ocorria apenas quando o custo do tratamento individual era subsidiado por outra fonte de investimento, como mostra a TABELA 126 (p. 263).

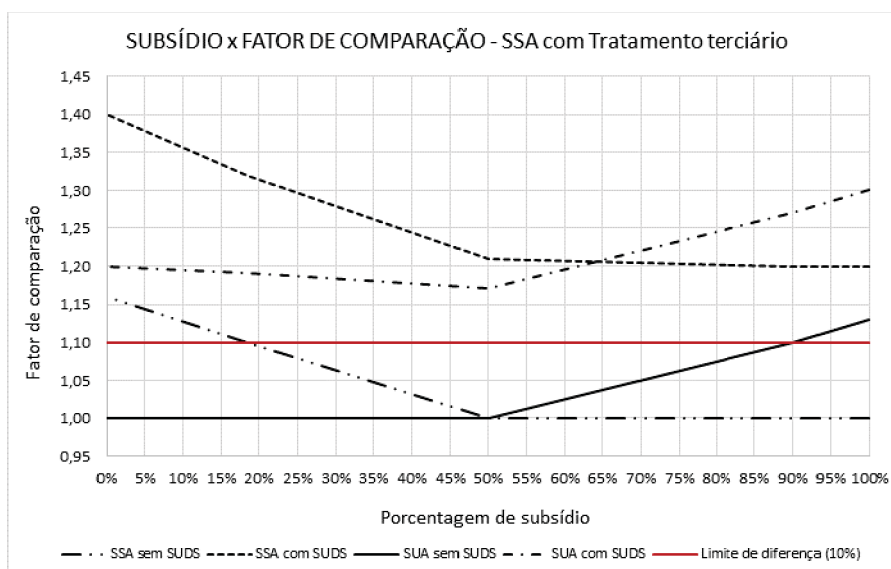
TABELA 137 – RESUMO DOS CENÁRIOS DE PERCENTUAL DE CUSTEIO DE IMPLANTAÇÃO DO TRATAMENTO INDIVIDUAL, POR PARTE DO ORGÃO FINANCIADOR, POR SISTEMA AVALIADO, CONSIDERANDO TRATAMENTO TERCIÁRIO PARA OS ESGOTOS NOS SISTEMAS SSA

Sistema	100,00%		50,00%		18,48%		0,00%	
	Custo (R\$)		Custo (R\$)		Custo (R\$)		Custo (R\$)	
SSA sem SUDS	55.164.322,89	1,00	55.164.322,89	1,00	55.164.322,89	1,10	55.164.322,89	1,16
SSA com SUDS	66.321.363,71	1,20	66.321.363,71	1,21	66.321.363,71	1,32	66.321.363,71	1,40
SUA sem SUDS	62.420.437,09	1,13	54.929.813,56	1,00	50.207.178,76	1,00	47.439.190,03	1,00
SUA com SUDS	71.826.947,58	1,30	64.336.324,05	1,17	59.613.689,25	1,19	56.845.700,52	1,20

FONTE: AUTOR.

O GRÁFICO 15 apresenta as curvas de subsídio versus fatores de comparação, de maneira a resumir os limites de escolha entre os sistemas. Observa-se que na prática, nesse nível de avaliação estimativa, tem se utilizado o limite de 10% de diferença, onde abaixo desse a diferença entre as alternativas é considerada insignificante e, por consequência, a escolha entre uma ou outra alternativa é indiferente. No gráfico esse limite é representado pela linha em vermelho.

GRÁFICO 15 – SUBSÍDIO CONCEDIDO TRATAMENTO INDIVIDUAL VERSUS FATOR DE COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS – SSA COM TRATAMENTO TERCIÁRIO



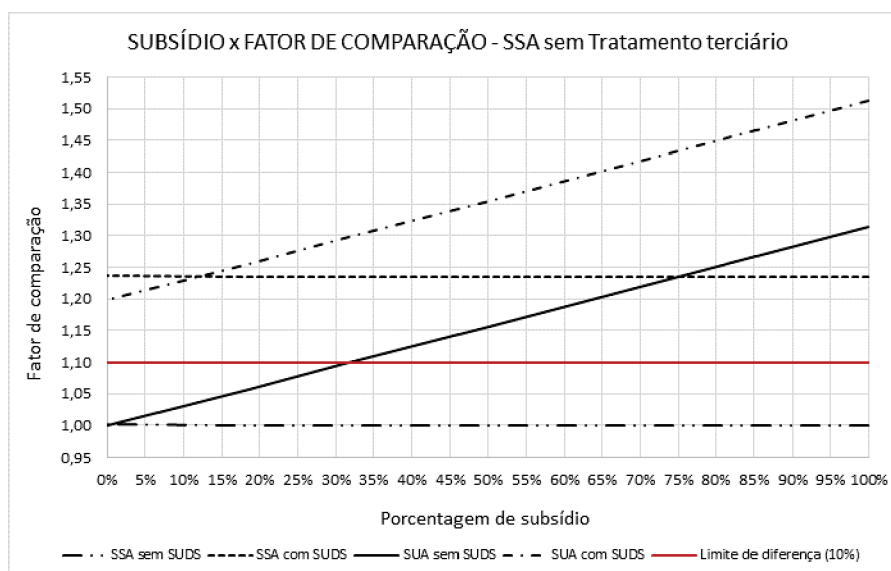
FONTE: AUTOR.

O gráfico apresentado demonstra claramente que as alternativas com SUDS, economicamente, são as mais onerosas, quando comparadas com as alternativas sem SUDS. Para o limite de escolha de 10% de diferença, a alternativa SSA sem SUDS se apresenta claramente como a mais vantajosa até um subsídio de 90% e, abaixo desse até o subsídio de 18%, seria indiferente a escolha entre essa e a alternativa SUA sem SUDS. Abaixo de 18% o SUA sem SUDS é a ser escolhida, em termos econômicos.

Outra informação relevante a se extrair do gráfico, considerando a implantação de SUDS, é que abaixo do subsídio de 30% a alternativa SUA com SUDS se apresenta como a mais vantajosa economicamente e acima de 30% até um subsídio de 82% a escolha é indiferente, haja visto que a diferença entre as duas alternativas fica no máximo em 10%, a partir de 82% a alternativa mais vantajosa passa a ser o SSA com SUDS.

De maneira a comparar a análise de sensibilidade com o SSA sem e com tratamento terciário, foram desenvolvidas as mesmas curvas para os fatores de comparação, estimadas na TABELA 126 (p. 263), considerando o SSA sem o tratamento terciário, as quais são apresentadas no GRÁFICO 16.

GRÁFICO 16 – SUBSÍDIO CONCEDIDO TRATAMENTO INDIVIDUAL VERSUS FATOR DE COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS – SSA SEM TRATAMENTO TERCIÁRIO



Considerando o limite de diferença de 10%, a escolha entre o SUA sem SUDS e o SSA sem SUDS é indiferente até um subsídio de 31%, a partir do qual o sistema

SSA sem SUDS passa a ser claramente o sistema mais vantajoso. Comparando-se a análise realizada com e sem tratamento terciário no sistema SSA, no sistema com SUA sem SUDS seria possível subsidiar até 90% dos sistemas individuais de tratamento de esgotos, sem a dependência de procurar outras fontes de recursos ou exigir o custeio do sistema por parte dos usuários, enquanto que considerando o SSA sem o tratamento terciário, só seria possível até um subsídio de 31%.

5.3.10 Plano de Implantação

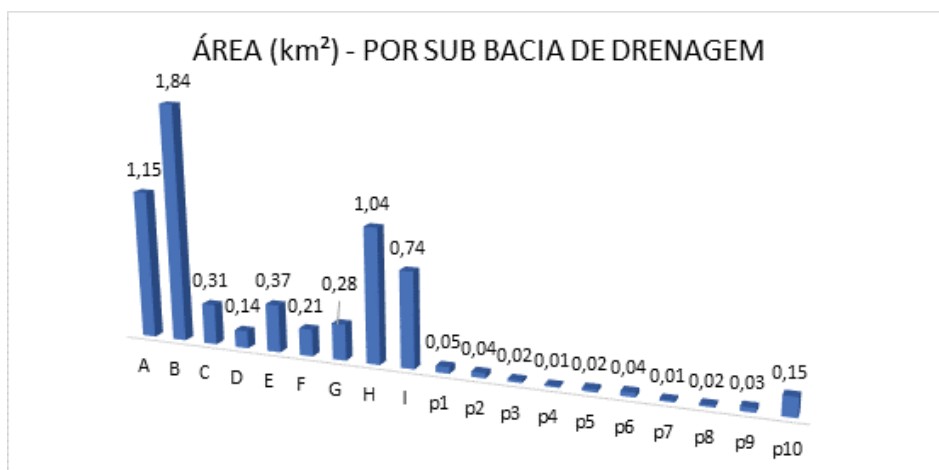
Considerando as avaliações anteriormente apresentadas, observa-se a tendência para a escolha de um sistema sem SUDS, quer seja considerando um subsídio de implantação de tratamento individual de 100%, quer seja sem esse subsídio. A partir dessa conclusão, a escolha do sistema deverá recair sobre a definição dos recursos para implantação do tratamento individual de esgotos.

A implantação dos sistemas requer um planejamento para a implantação das obras, hierarquizando as áreas a serem atendidas. Assim, duas análises foram realizadas, assumindo como unidade básica as sub bacias de drenagem. A primeira chamada ambiental, estritamente relacionada às redes de drenagem, apresenta uma proposta de hierarquização de sub bacias para a implantação das redes. A segunda análise, denominada social, diz respeito à implantação dos sistemas de coleta e tratamento de esgotos, procurando hierarquizar a implantação das redes coletoras de esgotos, a partir daquelas sub bacias em que a cobertura de esgotos resultaria em um maior impacto, ou seja, maior população atendida e impacto no sistema de saúde, através da redução de doenças de veiculação hídrica.

5.3.10.1 Avaliação ambiental para implantação do sistema de drenagem

Analisando as áreas de cada sub bacia, apresentadas na TABELA 105 (p. 249) e reproduzidas no GRÁFICO 17, é demonstrado que as sub bacias B, A e H, são as sub bacias com maiores áreas de drenagem, sugerindo-se o início das obras por essas sub bacias, onde o impacto na contenção de cheias seria maior, assumindo-se apenas a área como critério de hierarquização.

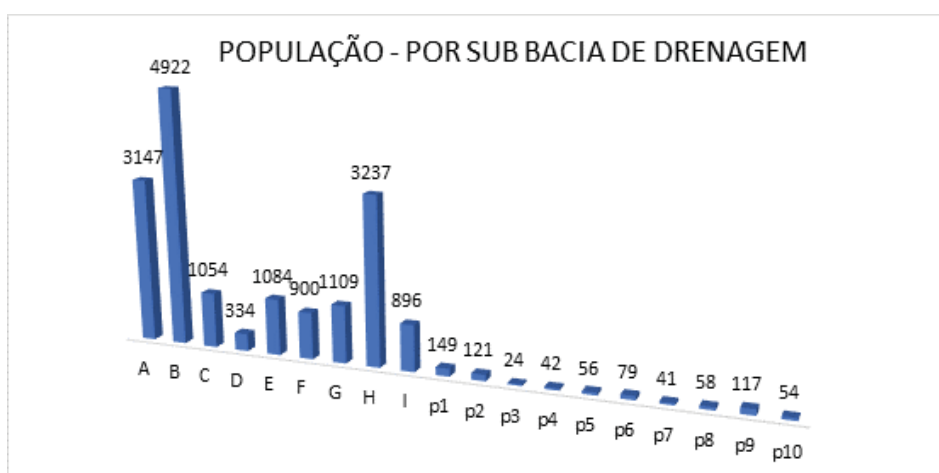
GRÁFICO 17 – ÁREA DE CADA SUB BACIA DE DRENAGEM



FONTE: AUTOR.

Com relação à população, observando o GRÁFICO 18, a sub-bacia B ainda se mantém a melhor sub-bacia, em termos de atendimento. Porém, para esse critério, a sub-bacia H passa a ser mais atrativa que a sub-bacia A.

GRÁFICO 18 – POPULAÇÃO DE CADA SUB BACIA DE DRENAGEM



FONTE: AUTOR.

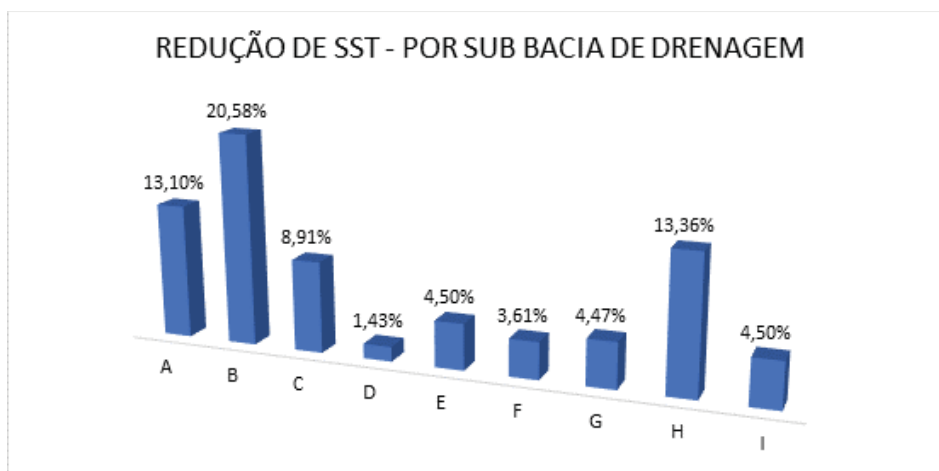
Em resumo, comparando-se apenas as áreas, as sub-bacias mais atrativas para se iniciar a implantação dos sistemas, seriam, respectivamente B, A e H. Considerando a população, seriam as sub-bacias B, H e A. Como critério de desempate, observa-se na TABELA 105 (p. 249) que a área residencial da sub-bacia H é aproximadamente 3% maior que a da sub-bacia A, e a área mais permeável, denominada como ocupação outros que não a comercial e residencial, é aproximadamente 40% maior na sub-bacia A que a da sub-bacia H. Assim, o impacto

positivo, de redução de cheias, com a implantação de rede coletora de drenagem, seria sentido na sub bacia H, além da coleta e tratamento de esgotos alcançarem uma maior população. Dessa maneira, considerando as 3 maiores sub bacias de drenagem, a implantação dos sistemas deveria ser iniciada pelas sub bacias B, H e A, nessa ordem.

Apesar das alternativas sem SUDS terem se apresentado como as mais atrativas, foi realizada uma análise adicional, considerando a adoção desses sistemas, de maneira a subsidiar os agentes decisores, no caso de um peso maior ser dado ao critério ambiental, onde a alternativa com SUA com SUDS é a preferível.

Assim, considerando a implantação de trincheiras de infiltração e *Wetlands* construídas para a drenagem, são apresentadas, respectivamente no GRÁFICO 19 e GRÁFICO 20, as reduções de carga de SST e DBO devido a implantação desses dispositivos, observando que foi prevista a implantação de SUDS apenas para as sub bacias A a I.

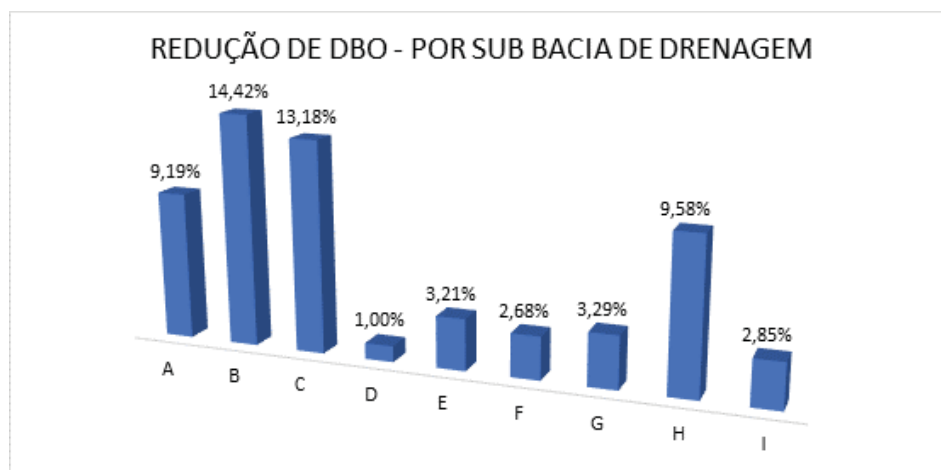
GRÁFICO 19 – REDUÇÃO DE SST POR SUB BACIA DE DRENAGEM COM SUDS



FONTE: AUTOR.

Observando a redução de SST e DBO, constata-se que a sub bacia B permanece a mais atrativa, já a sub bacia A passa a ser a terceira colocada quando analisado a remoção de SST e quarta no caso da remoção de DBO, sendo que para esse último, a sub bacia C passa a ser a segunda colocada. Já a sub bacia H mantém-se na terceira colocação, para a remoção de DBO e passa a ser a segunda quando analisada a remoção de SST.

GRÁFICO 20 – REDUÇÃO DE DBO POR SUB BACIA DE DRENAGEM COM SUDS



FONTE: AUTOR.

O tamanho da área da sub-bacia B possui, quando comparada às demais, sendo 60% e 77% maior que as sub-bacias A e H, respectivamente, resulta em um impacto maior na redução dos SST e da DBO, mantendo-se essa na primeira colocação.

Comparando a sub-bacia C, para a remoção de DBO, constata-se que o fato de haver área comercial na bacia, essa se torna a segunda com maior carga de DBO e também em termos de redução dessa carga, como pode ser observado, respectivamente, na TABELA 108 (p. 251) e TABELA 111 (p. 253), resultando em sua classificação na segunda posição, para esse parâmetro.

A sub-bacia A, apesar de ter a maior área total, possui a terceira maior população, menor que a sub-bacia H, e uma área de ocupação de áreas verdes, escolas e demais, não enquadrados como residencial ou comercial, maior que a sub-bacia H. Assim, a sub-bacia A é classificada abaixo da sub-bacia H, tanto no aspecto de redução de DBO, quanto na remoção de SST. É interessante observar que, apesar da população da sub-bacia A ser substancialmente maior que a C (ver TABELA 105, p. 249), o fato de se existir uma área comercial na última, resulta em uma carga de DBO maior e, portanto, em um impacto maior na redução desse parâmetro, como já citado.

Considerando a implantação dos dispositivos de SUDS, e assumindo a carga de DBO como mais impactante ambientalmente, recomenda-se o início das obras pelas sub-bacias B, C, H e A, nessa ordem.

5.3.10.2 Avaliação Social para implantação do sistema de esgotos

Para implantação do sistema de coleta e tratamento de esgotos, foram desenvolvidas análises estatísticas de correlação entre o aumento da cobertura de esgotos, coletados e tratados, com a morte de crianças menores de 5 anos por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, classificada, segundo a classificação internacional de doenças (CID) e problemas relacionados à saúde da OMS, como A09. O objetivo foi se determinar as porcentagens significativas de cobertura que causariam maior impacto positivo, ou seja, diminuição na morte de crianças menores que 5 anos.

Como apresentado anteriormente (p. 158) o município de Nobres apenas 23,6% da população possui alguma forma de coleta dos esgotos, sendo que 3,6% apenas a coleta sem tratamento adequado. Assim, não é possível estabelecer uma correlação da cobertura de esgoto para o município. Dessa maneira, as análises estatísticas de correlação foram realizadas, para os dados de coleta e tratamento de esgotos do SNIS e os dados de doenças apresentados no banco de dados de saúde no Brasil, o DATASUS, em nível nacional e estadual, para o estado do Mato Grosso.

O período de dados avaliados foi de 2000 a 2017, tanto em nível nacional quanto estadual, totalizando 18 dados para todos os parâmetros, volume de esgoto coletado, volume de esgoto tratado e mortes por diarreia para crianças menores que 5 anos. A TABELA 138 apresenta o conjunto de dados em nível nacional, enquanto a TABELA 139 apresenta o conjunto de dados em nível estadual.

TABELA 138 – DADOS DO BRASIL DE VOLUME COLETADO E TRATADO DE ESGOTOS, DO BANCO DE DADOS SNIS E MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS DO DATASUS (Continua)

Ano	Volume de esgoto coletado (1000m³/ano)	Volume de esgoto tratado (1000m³/ano)	Mortes por diarreia menores que 5 anos
2000	2978109	1396214	3279
2001	3027354	1524856	2859
2002	3110096	1670582	2745
2003	3107152	1772763	2679
2004	3317292	2014409	2321
2005	3469847	2103306	2274
2006	3754992	2259182	2017
2007	3867206	2422960	1472
2008	4010117	2652023	1298
2009	4230689	2894984	1122
2010	4662490	3124071	867
2011	4726248	3207947	645
2012	5149349	3543233	699

FONTE: Adaptado de SNIS (2000 – 2017) e DATASUS (2000 – 2017).

TABELA 138 – DADOS DO BRASIL DE VOLUME COLETADO E TRATADO DE ESGOTOS, DO BANCO DE DADOS SNIS E MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS DO DATASUS (Final)

Ano	Volume de esgoto coletado (1000m³/ano)	Volume de esgoto tratado (1000m³/ano)	Mortes por diarreia menores que 5 anos
2013	5222459	3579335	752
2014	5357051	3763851	616
2015	5186706	3805022	532
2016	5473895	4055844	597
2017	5726378	4178781	520

FONTE: Adaptado de SNIS (2000 – 2017) e DATASUS (2000 – 2017).

TABELA 139 – DADOS DO MATO GROSSO DE VOLUME COLETADO E TRATADO DE ESGOTOS, DO BANCO DE DADOS SNIS E MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS DO DATASUS

Ano	Volume de esgoto coletado (1000m³/ano)	Volume de esgoto tratado (1000m³/ano)	Mortes por diarreia menores que 5 anos
2000	23.672	16.236	55
2001	24.295	16.956	49
2002	25.834	16.602	49
2003	25.433	22.146	44
2004	26.099	22.848	34
2005	28.823	15.775	22
2006	31.048	17.405	28
2007	31.570	18.067	23
2008	20.165	13.024	23
2009	21.396	16.088	28
2010	21.993	16.738	19
2011	27.472	22.344	14
2012	24.143	14.729	16
2013	28.302	20.033	24
2014	31.960	22.604	18
2015	36.983	28.197	19
2016	46.530	35.186	25
2017	45.587	37.647	21

FONTE: Adaptado de SNIS (2000 – 2017) e DATASUS (2000 – 2017).

Foram utilizados dois softwares para o desenvolvimento da análise estatística, o BIOSTAT 5.3, desenvolvido por Ayres et al. (2007), para o desenvolvimento da análise estatística e o software MS Excel (2019) da empresa Microsoft, para ilustrar graficamente os resultados. As correlações foram avaliadas segundo o teste de Pearson, para uma significância de 1% e 5%, considerando os valores críticos para o coeficiente onde, para uma determinada amostra com um certo número de dados se o coeficiente de correlação de Pearson (r) for menor que os valores apresentados na TABELA 140, a correlação não é significativa. Além desse, avaliou-se o coeficiente de determinação (r^2), onde se indica o quanto o modelo se ajustar à amostra, sendo o ajuste maior quanto mais próximo de 1 resultar o valor.

TABELA 140 – VALORES CRÍTICOS PARA O COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON (r)

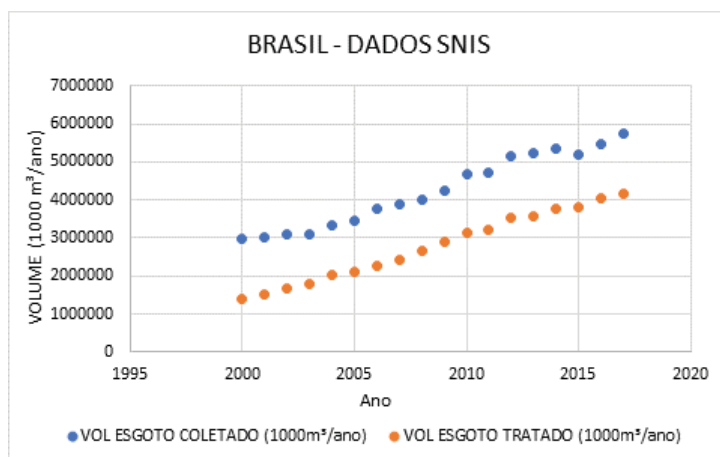
Número de dados da amostra	Significância	
	5%	1%
4	0,950	0,990
5	0,878	0,959
6	0,811	0,917
7	0,754	0,875
8	0,707	0,834
9	0,666	0,798
10	0,632	0,765
11	0,602	0,735
12	0,576	0,708
13	0,553	0,684
14	0,532	0,661
15	0,514	0,641
16	0,497	0,623
17	0,482	0,606
18	0,468	0,590
19	0,456	0,575
20	0,444	0,561
21	0,433	0,549
22	0,423	0,537
23	0,413	0,526
24	0,404	0,515
25	0,396	0,505
26	0,388	0,496
27	0,381	0,487
28	0,374	0,479
29	0,367	0,471
30	0,361	0,463
35	0,334	0,430
40	0,312	0,403
45	0,294	0,380
50	0,279	0,361
60	0,254	0,330
70	0,235	0,306
80	0,220	0,286
90	0,207	0,270
100	0,197	0,256

FONTE: LARSON E FARBER (2010).

Primeiramente os dados de volume de esgotos coletados e tratados foram analisados, para se verificar a consistência dos dados. O GRÁFICO 21 e o GRÁFICO 22 apresentam, respectivamente, os dados para o Brasil e para o Mato Grosso.

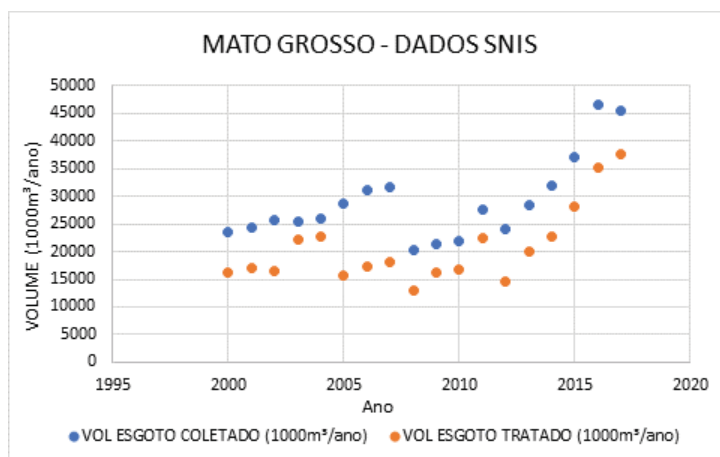
Analisando o gráfico observa-se uma consistência no crescimento dos volumes de esgotos coletados e tratados. Assim a análise estatística será avaliada para todo o conjunto de dados.

GRÁFICO 21 – VOLUMES DE ESGOTOS COLETADOS E TRATADOS – BRASIL



FONTE: AUTOR.

GRÁFICO 22 – VOLUMES DE ESGOTOS COLETADOS E TRATADOS – MATO GROSSO



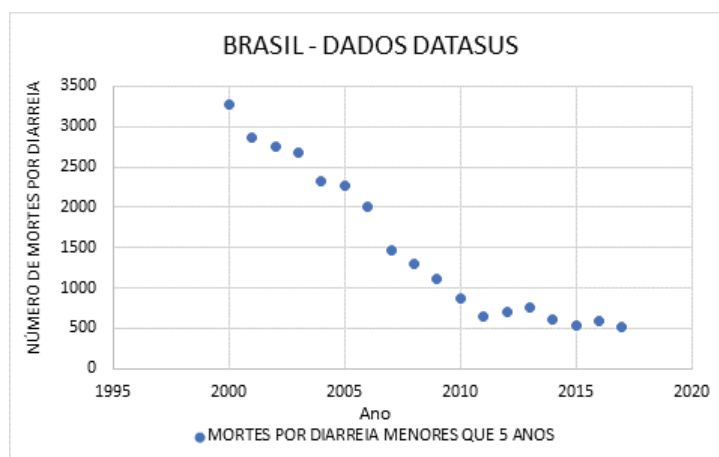
FONTE: AUTOR.

No caso dos dados do estado do Mato Grosso observa-se um “degrau” no ano de 2008, apesar da manutenção da tendência de crescimento. Nesse sentido, cita-se o estudo realizado por Bonatti, Silva e Muraro (2020), avaliando dados de mortalidade infantil entre 2007 e 2016 para o estado do Mato Grosso. Os autores apresentam que apenas 20% dos óbitos ocorridos foram por doenças diarreicas e parasitárias, sendo aproximadamente 50% causadas, logo após o parto e em recém nascidos, principalmente devido à falta de atenção adequada à mulher durante a gestação. Dessa maneira, a falta de saneamento básico não seria o principal fator de mortalidade infantil no estado, tendendo a explicar o “degrau” apresentado no GRÁFICO 22.

Assim, para os dados de Mato Grosso optou-se por uma análise em dois períodos separados, de 2000 a 2007 e 2008 a 2017.

No caso dos dados do DATASUS, para crianças menores que 5 anos mortas por diarreia, observa-se no GRÁFICO 23 e GRÁFICO 24, respectivamente para o Brasil e Mato Grosso, uma consistência nos dados em todo o período considerado.

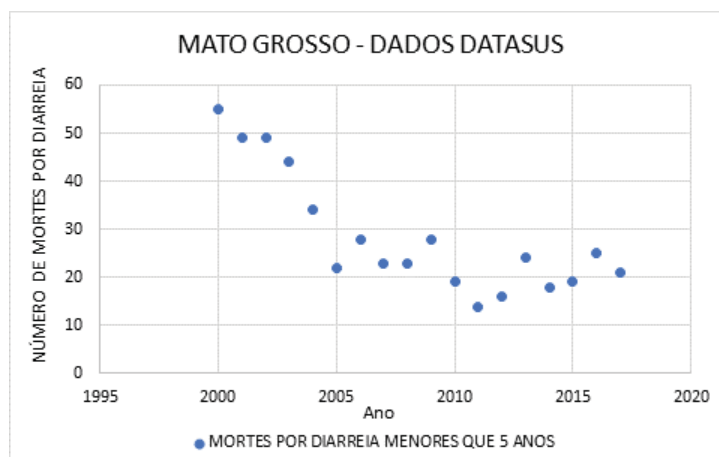
GRÁFICO 23 – CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA – BRASIL



FONTE: AUTOR.

Verificada a consistência dos dados foram então realizadas as análises de correlação entre os esgotos coletados e as mortes por diarreia de crianças menores que 5 anos, e os esgotos tratados e as mortes de diarreia de crianças menores que 5 anos. A primeira análise realizada foi para a correlação linear, por ser essa considerada a correlação mais “fraca”.

GRÁFICO 24 – CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA – MATO GROSSO



FONTE: AUTOR.

A FIGURA 60 apresenta a tabela de resultados do teste de Pearson encontrada para os dados nacionais, resultante do programa BIOESTAT, enquanto o GRÁFICO 25 apresenta a curva com a equação e o coeficiente de determinação resultantes.

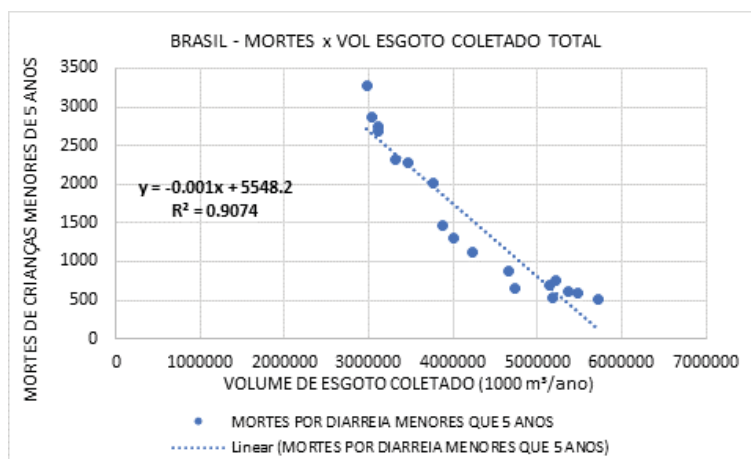
FIGURA 60 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS COLETADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO BRASIL (2000 – 2017)

	Colunas 1 e 2
n (pares) =	18
r (Pearson) =	-0.9526
IC 95% =	-0.98 a -0.87
IC 99% =	-0.99 a -0.83
R2 =	0.9074
t =	-12.5228
GL =	16
(p) =	< 0.0001
Poder 0.05 =	1.0000
Poder 0.01 =	1.0000

FONTE: AUTOR.

Nota: Coluna 1 – Volume de esgoto coletado (1000m³/ano); Coluna 2 – Crianças menores que 5 anos mortas por diarreia

GRÁFICO 25 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS COLETADOS – BRASIL



FONTE: AUTOR.

Observa-se que o grupamento dos dados apresenta um resultado esperado, com a diminuição de mortes de crianças menores de 5 anos com o aumento da coleta de esgotos. Como pode ser observado pelos resultados, tanto para o intervalo de confiança de 1% quanto 5%, o coeficiente r de correlação resultante encontra-se

acima dos respectivos valores críticos, apresentados na TABELA 140, estabelecendo uma relação significativa para os dois intervalos. O coeficiente de determinação resultante mostra que em 90,74% da diminuição dos casos de óbitos seriam explicados pela coleta de esgotos.

Com relação aos esgotos tratados a FIGURA 61 apresenta os resultados do teste de correlação de Pearson para a relação entre os volumes de esgotos tratados e as mortes de crianças menores que 5 anos por diarreia, enquanto o GRÁFICO 26 apresenta a curva com a equação e o coeficiente de determinação resultantes.

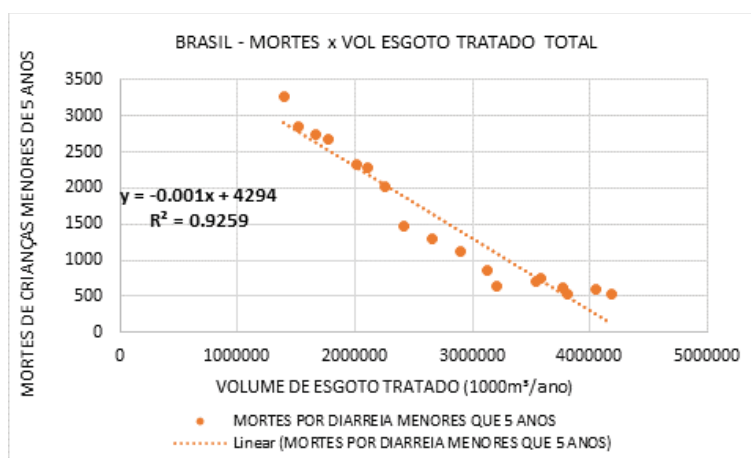
FIGURA 61 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS TRATADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO BRASIL (2000 – 2017)

	Colunas 1 e 2
n (pares) =	18
r (Pearson) =	-0.9622
IC 95% =	-0.99 a -0.90
IC 99% =	-0.99 a -0.86
R2 =	0.9259
t =	-14.1394
GL =	16
(p) =	< 0.0001
Poder 0.05 =	1.0000
Poder 0.01 =	1.0000

FONTE: AUTOR.

Nota: Coluna 1 – Volume de esgoto tratado (1000m³/ano); Coluna 2 – Crianças menores que 5 anos mortas por diarreia

GRÁFICO 26 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS TRATADOS – BRASIL



FONTE: AUTOR.

Observa-se que o grupamento dos dados apresenta um resultado esperado, com a diminuição de mortes de crianças menores de 5 anos com o aumento da coleta de esgotos. Como pode ser observado pelos resultados, tanto para o intervalo de confiança de 1% quanto 5%, o coeficiente r de correlação resultante encontra-se acima dos respectivos valores críticos, apresentados na TABELA 140, estabelecendo uma relação significativa para os dois intervalos. O coeficiente de determinação resultante mostra que em 92,59% da diminuição dos casos de óbitos seriam explicados pelo tratamento de esgotos.

Para os dados estaduais do Mato Grosso a análise foi realizada em dois períodos, como já citado, para os anos de 2000 a 2007 e 2008 a 2017. A FIGURA 62 apresenta os resultados do teste de correlação de Pearson para a relação entre os volumes de esgotos coletados e as mortes de crianças menores que 5 anos por diarreia, enquanto o GRÁFICO 27 apresenta a curva com a equação e o coeficiente de determinação resultantes, para o primeiro período.

FIGURA 62 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS COLETADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO MATO GROSSO (2000 – 2007)

	Colunas 1 e 2
n (pares) =	8
r (Pearson) =	-0.8941
IC 95% =	-0.98 a -0.51
IC 99% =	-0.99 a -0.28
R2 =	0.7994
t =	-4.8897
GL =	6
(p) =	0.0027
Poder 0.05 =	0.9429
Poder 0.01 =	0.8155

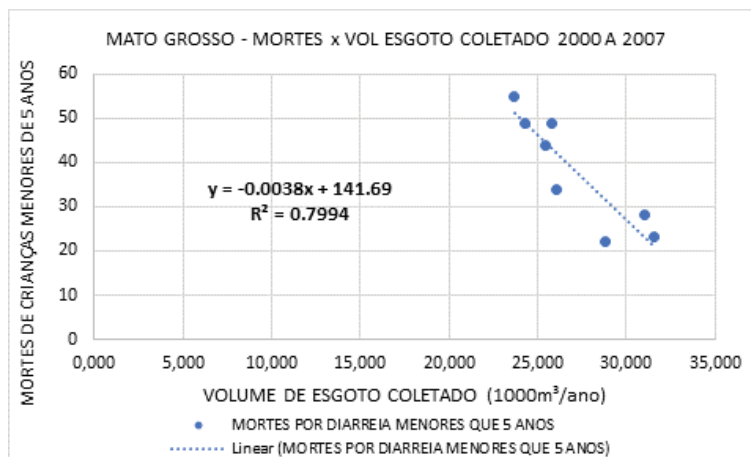
FONTE: AUTOR.

Nota: Coluna 1 – Crianças menores que 5 anos mortas por diarreia; Coluna 2 – Volume de esgoto coletado (1000m³/ano)

A relação encontrada é a esperada, resultando em uma diminuição dos óbitos por diarreia com o aumento da coleta do esgoto. Como pode ser observado pelos resultados, tanto para o intervalo de confiança de 1% quanto 5%, o coeficiente r de correlação resultante encontra-se acima dos respectivos valores críticos, apresentados na TABELA 140, estabelecendo uma relação significativa para os dois

intervalos. O coeficiente de determinação resultante mostra que em 79,94% da diminuição dos casos de óbitos seriam explicados pela coleta de esgotos.

GRÁFICO 27 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS COLETADOS – MATO GROSSO (2000 – 2007)



FONTE: AUTOR.

Com relação aos esgotos tratados, para os dados do Mato Grosso no período de 2000 a 2007, os resultados são apresentados na FIGURA 63 e no GRÁFICO 28.

FIGURA 63 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS TRATADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO MATO GROSSO (2000 – 2007)

	Colunas 1 e 2
n (pares) =	8
r (Pearson) =	-0.0442
IC 95% =	-0.73 a 0.68
IC 99% =	-0.83 a 0.80
R2 =	0.0019
t =	-0.1083
GL =	6
(p) =	0.9173
Poder 0.05 =	0.0523
Poder 0.01 =	0.0594

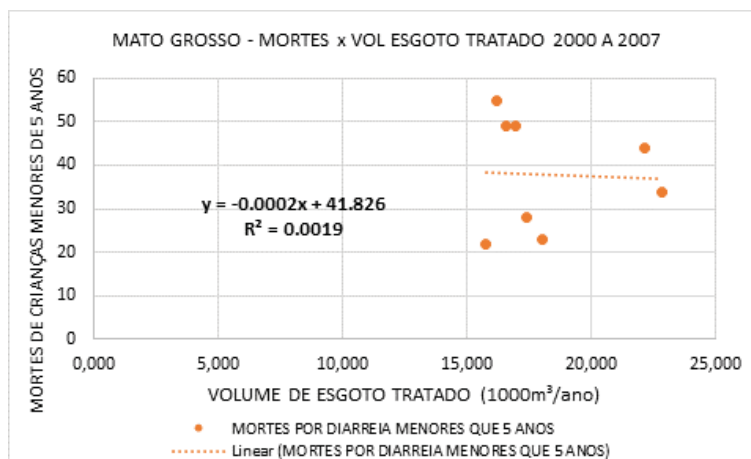
FONTE: AUTOR.

Nota: Coluna 1 – Crianças menores que 5 anos mortas por diarreia; Coluna 2 – Volume de esgoto tratado (1000m³/ano)

A relação encontrada é a esperada, resultando em uma diminuição dos óbitos por diarreia com o aumento da coleta do esgoto. Porém, como pode ser observado pelos resultados, tanto para o intervalo de confiança de 1% quanto 5%, o coeficiente

r de correlação resultante encontra-se muito abaixo dos respectivos valores críticos, apresentados na TABELA 140, mostrando não haver uma relação significativa para os dois intervalos, considerando os dados analisados.

GRÁFICO 28 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS TRATADOS – MATO GROSSO (2000 – 2007)



FONTE: AUTOR.

O segundo período avaliado, para os dados do Mato Grosso, foi de 2008 a 2017. A FIGURA 64 apresenta os resultados do teste de Pearson, enquanto o GRÁFICO 29 apresenta a curva, a equação e o coeficiente de determinação resultantes, para a análise com os volumes de esgotos coletados.

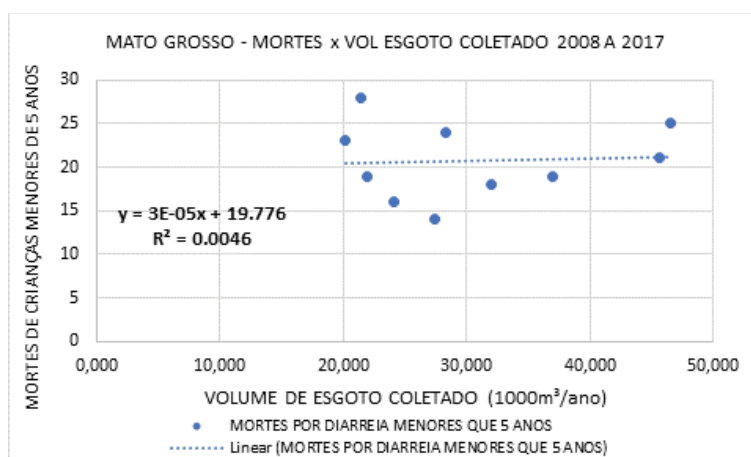
FIGURA 64 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS COLETADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO MATO GROSSO (2008 – 2017)

	Colunas 1 e 2
n (pares) =	10
r (Pearson) =	0.0680
IC 95% =	-0.59 a 0.67
IC 99% =	-0.72 a 0.78
R2 =	0.0046
t =	0.1928
GL =	8
(p) =	0.8519
Poder 0.05 =	0.0650
Poder 0.01 =	0.0417

FONTE: AUTOR.

Nota: Coluna 1 – Crianças menores que 5 anos mortas por diarreia; Coluna 2 – Volume de esgoto coletado (1000m³/ano)

GRÁFICO 29 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS COLETADOS – MATO GROSSO (2008 – 2017)



FONTE: AUTOR.

A relação encontrada não é a esperada, resultando em um aumento dos óbitos por diarreia com o aumento da coleta do esgoto. Como pode ser observado pelos resultados, tanto para o intervalo de confiança de 1% quanto 5%, o coeficiente r de correlação resultante encontra-se abaixo dos respectivos valores críticos, apresentados na TABELA 140, refutando uma relação significativa para os dois intervalos.

Considerando agora os esgotos tratados, a FIGURA 65 e o GRÁFICO 30 apresentam, respectivamente, os resultados do teste de Pearson e a curva, equação e coeficiente de determinação resultantes.

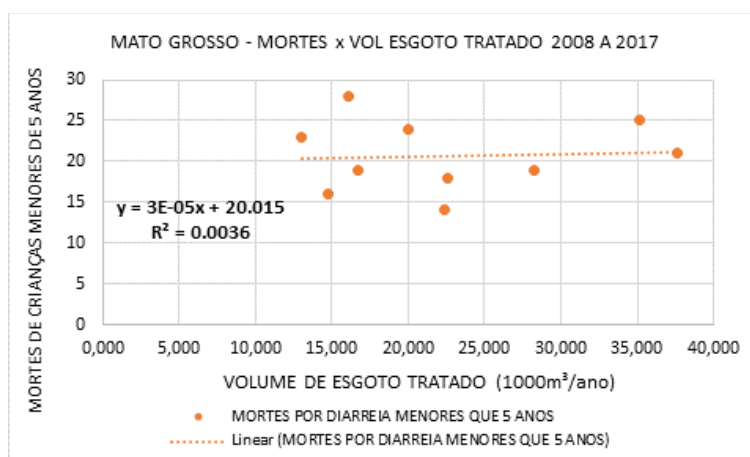
FIGURA 65 – TESTE DE PEARSON ESGOTOS TRATADOS x MORTES DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA DO MATO GROSSO (2008 – 2017)

	Colunas 1 e 2
n (pares) =	10
r (Pearson) =	0.0596
IC 95% =	-0.59 a 0.66
IC 99% =	-0.72 a 0.78
R2 =	0.0036
t =	0.1689
GL =	8
(p) =	0.8701
Poder 0.05 =	0.0614
Poder 0.01 =	0.0463

FONTE: AUTOR.

Nota: Coluna 1 – Crianças menores que 5 anos mortas por diarreia; Coluna 2 – Volume de esgoto tratado (1000m³/ano)

GRÁFICO 30 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x VOLUME DE ESGOTOS TRATADOS – MATO GROSSO (2008 – 2017)



FONTE: AUTOR.

Observa-se que o coeficiente de correlação se apresenta positivo, indicando uma correlação não esperada, onde o número de mortes por diarreia aumenta com o volume de esgotos tratado.

Realizadas as análises é apresentado na TABELA 141 um resumo dos resultados, com o coeficiente de correlação de Pearson resultante, se a relação é a esperada, de diminuição das mortes com o aumento da cobertura, representado pelo sinal negativo do coeficiente de correlação de Pearson e se a relação é significativa ou não para os intervalos de confiança de 1% e 5%.

TABELA 141 – RESUMO DA AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DE CORRELAÇÃO

Dados	Período	Relação	Amostra	Coeficiente r	Relação esperada	Intervalo de confiança 1%	Intervalo de confiança 5%
BRASIL	2000-2017	Esgoto coletado x óbitos	18	-0,9526	Sim	Significativa	Significativa
		Esgoto tratado x óbitos	18	-0,9622	Sim	Significativa	Significativa
MATO GROSSO	2000-2007	Esgoto coletado x óbitos	8	-0,8941	Sim	Significativa	Significativa
		Esgoto tratado x óbitos	8	-0,0442	Sim	Não significativa	Não significativa
	2008-2017	Esgoto coletado x óbitos	10	0,0680	Não	-	-
		Esgoto tratado x óbitos	10	0,0596	Não	-	-

FONTE: AUTOR.

Em uma primeira análise procurou-se verificar se a relação analisada era a esperada, considerando que o número de mortes de crianças menores que 5 anos por diarreia espera-se diminuir com a coleta e tratamento de esgotos, ou seja, coeficiente r de correlação de Pearson negativo.

Assim, considerando as relações avaliadas, a relação não é a esperada para os dados no período de 2008 a 2017, para os dados do Mato Grosso.

A segunda análise verificou se as correlações eram significativas para os intervalos de confiança de 1% e 5%, sendo descartadas aquelas que não são significativas.

Considerando os dados do Brasil, todas as relações avaliadas, apresentam significância na correlação para os dois intervalos de confiança (1% e 5%). Observa-se que a relação com esgoto tratado apresentou melhor coeficiente r de -0,9622, enquanto a relação com esgoto coletado apresentou um r de -0,9526.

Para os dados do Mato Grosso, apenas a correlação com o esgoto coletado, no período de 2000 a 2007, apresentou significância para os dois intervalos de confiança (1% e 5%), com um coeficiente r de -0,8941, menor do que o apresentado para as relações utilizando os dados do Brasil.

Finalmente, para a análise do impacto do esgoto na saúde pública, optou-se pela utilização dos dados de correlação entre o esgoto tratado e mortes de crianças menores de 5 anos, do Brasil, pelas seguintes razões:

- Coeficiente r de correlação é o maior entre as relações significantes; e
- Considera-se que a destinação final dos esgotos é somente adequada após o tratamento adequado dos mesmos, ou seja, não basta apenas coletar e afastar os esgotos da população.

Escolhidos os dados do SNIS a se trabalharem, no caso os dados de esgoto tratado do Brasil do período de 2000 a 2017, foram coletados os dados do índice de esgoto tratado referido à água consumida, índice I_{46} entre 2000 a 2006 e IN_{46} entre 2007 a 2017, para se analisar a relação cobertura x diminuição de mortes por diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível de crianças menores de 5 anos.

Os I_{46} e IN_{46} são calculados, respectivamente para os períodos de 2000 a 2006 e 2007 a 2017, pelas equações 43 e 44.

$$I_{46} = \frac{E06}{A10-A19} \quad (\text{Eq. 43})$$

Onde:

I_{46} – Índice de Esgoto Tratado referido à água consumida (%)

$E06$ – Volume de Esgoto Tratado (1000 m³/ano)

$A10$ – Volume de Água Consumida (1000 m³/ano)

$A19$ – Volume de Água Tratada Exportada (1000 m³/ano)

$$IN_{046} = \frac{ES006}{AG010-AG019} \quad (\text{Eq. 44})$$

Onde:

IN_{046} – Índice de Esgoto Tratado referido à água consumida (%)

$ES006$ – Volume de Esgoto Tratado (1000 m³/ano)

$AG010$ – Volume de Água Consumida (1000 m³/ano)

$AG019$ – Volume de Água Tratada Exportada (1000 m³/ano)

A TABELA 142 apresenta os dados utilizados obtidos do banco de dados do SNIS e do DATASUS, para o período de 2000 a 2017.

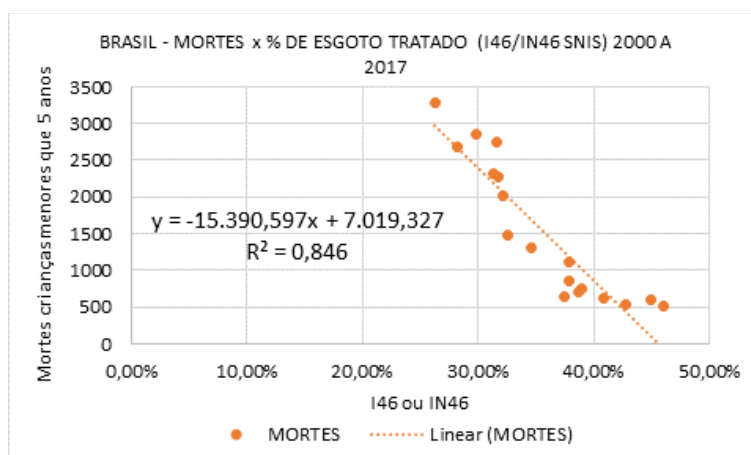
TABELA 142 – ÍNDICE DE ESGOTO TRATADO REFERIDO À ÁGUA CONSUMIDA E NÚMERO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS

Ano	I_{46} ou IN_{46}	Óbitos de crianças menores que 5 anos
2000	26,30%	3279
2001	29,80%	2859
2002	31,60%	2745
2003	28,20%	2679
2004	31,30%	2321
2005	31,70%	2274
2006	32,20%	2017
2007	32,50%	1472
2008	34,60%	1298
2009	37,90%	1122
2010	37,90%	867
2011	37,50%	645
2012	38,70%	699
2013	39,00%	752
2014	40,80%	616
2015	42,70%	532
2016	44,90%	597
2017	46,00%	520

FONTE: AUTOR.

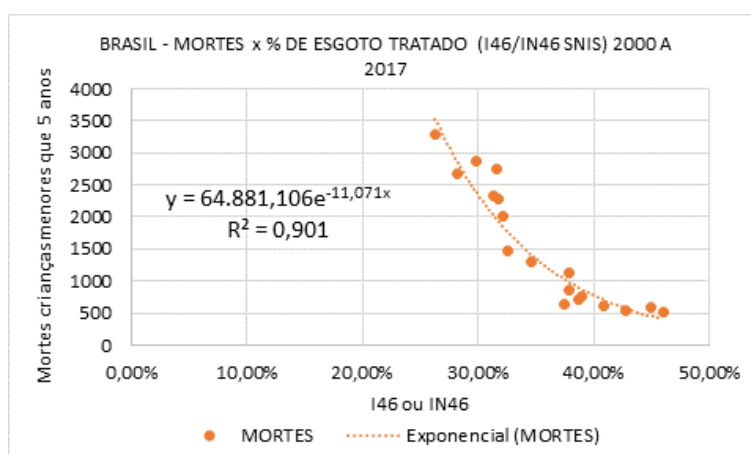
Foram então determinadas as equações de regressão Linear, Exponencial, Potência, Logarítmica e polinomial de ordem 2. Os resultados, com as linhas de tendência, equações encontradas e coeficiente de determinação (r^2) são apresentados, respectivamente no GRÁFICO 31, GRÁFICO 32, GRÁFICO 33, GRÁFICO 34 e GRÁFICO 35.

GRÁFICO 31 – CURVA DE REGRESSÃO LINEAR CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I46/IN46 SNIS)



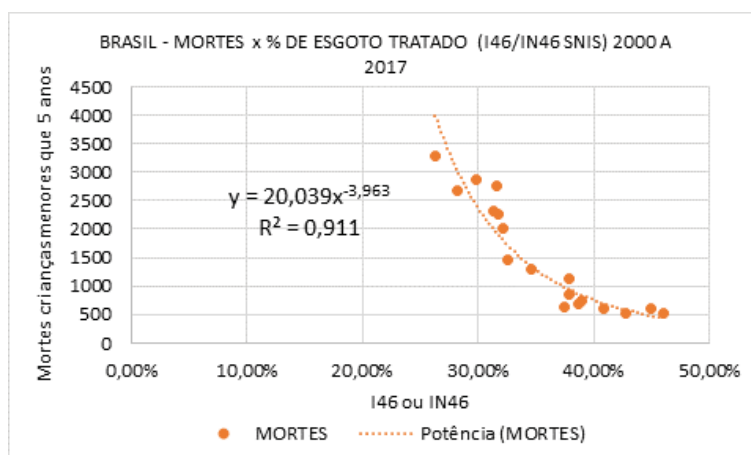
FONTE: AUTOR.

GRÁFICO 32 – CURVA DE REGRESSÃO EXPONENCIAL CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I46/IN46 SNIS)



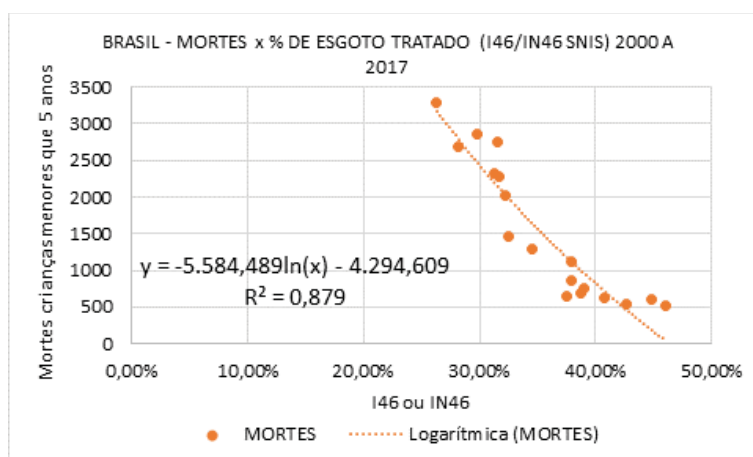
FONTE: AUTOR.

GRÁFICO 33 – CURVA DE REGRESSÃO DE POTÊNCIA CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I46/IN46 SNIS)



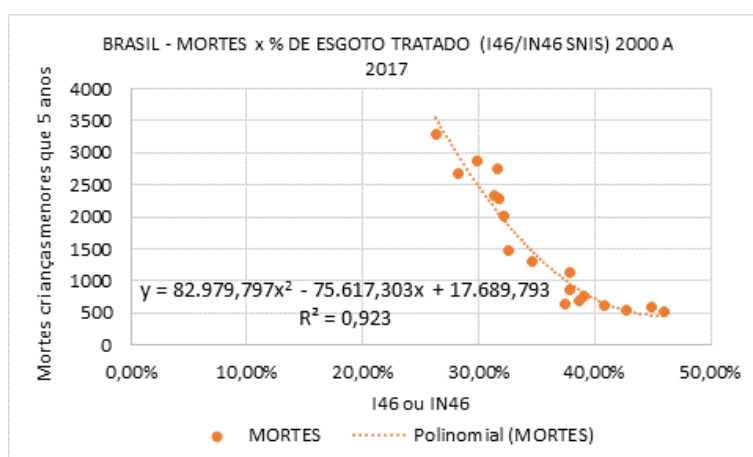
FONTE: AUTOR.

GRÁFICO 34 – CURVA DE REGRESSÃO LOGARÍTMICA CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I₄₆/IN₄₆ SNIS)



FONTE: AUTOR.

GRÁFICO 35 – CURVA DE REGRESSÃO POLINOMIAL CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS MORTAS POR DIARREIA x % DE ESGOTOS TRATADOS (I₄₆/IN₄₆ SNIS)



FONTE: AUTOR.

Como pode ser observado nas figuras, todas as equações apresentaram um coeficiente de determinação alto, sendo a melhor a regressão Polinomial de segunda ordem, seguido da Potência, Exponencial, Logarítmica e Linear.

A partir das equações determinadas, as mesmas foram aplicadas considerando um período de 30 anos, período normal de concessões de operadoras de serviços sanitários, um aumento do índice de esgoto tratado constante, para 3 condições, 2,5% ao ano, 5% ao ano e 25% ao ano, analisando a taxa de diminuição de mortes de crianças com idade menor que 5 anos por diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível ($T_{x_{dimcr < 5anos}}$), calculada pela equação 45.

$$Tx_{dimcr<5anos} = \frac{M_{i-1} - M_i}{M_{i-1}} \quad (\text{Eq. 45})$$

Onde:

$Tx_{dimcr<5anos}$ – Taxa de diminuição de mortes de crianças com idade menor que 5 anos por diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível (%)

M_{i-1} – Mortalidade de crianças com idade menor que 5 anos por diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível ano anterior (crianças)

M_i – Mortalidade de crianças com idade menor que 5 anos por diarreia e gastroenterite origem infecciosa presumível ano considerado (crianças)

Essa análise foi realizada de maneira a se determinar o sentido físico dos resultados encontrados, para cada regressão determinada. Observa-se que, a análise foi realizada sequencialmente para o aumento de cobertura de 2,50%, 5,00% e 25,00%, ao ano, sendo que, se não houvesse sentido físico nos resultados já para a primeira análise, a equação foi descartada e as demais análises não realizadas.

A TABELA 143 apresenta os resultados para a equação de regressão linear para I_{46} ou IN_{46} de 2,50%.

A TABELA 144, TABELA 145 e TABELA 146, apresentam, respectivamente, os resultados encontrados para um aumento do I_{46} ou IN_{46} de 2,50%, 5,00% e 25,00% utilizando a equação exponencial.

TABELA 143 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO LINEAR AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50% (Continua)

Ano	I_{46} ou IN_{46}	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
0	0,00%	7019	0,00%
1	2,50%	6635	5,48%
2	5,00%	6250	5,80%
3	7,50%	5865	6,16%
4	10,00%	5480	6,56%
5	12,50%	5096	7,02%
6	15,00%	4711	7,55%
7	17,50%	4326	8,17%
8	20,00%	3941	8,89%
9	22,50%	3556	9,76%
10	25,00%	3172	10,82%
11	27,50%	2787	12,13%
12	30,00%	2402	13,81%
13	32,50%	2017	16,02%
14	35,00%	1633	19,07%
15	37,50%	1248	23,57%
16	40,00%	863	30,83%

FONTE: AUTOR.

TABELA 143 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I₄₆ OU IN₄₆) – REGRESSÃO LINEAR AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50% (Final)

Ano	I ₄₆ ou IN ₄₆	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
17	42,50%	478	44,58%
18	45,00%	94	80,44%
19	47,50%	-291	411,26%
20	50,00%	-676	-132,13%
21	52,50%	-1061	-56,92%
22	55,00%	-1446	-36,27%
23	57,50%	-1830	-26,62%
24	60,00%	-2215	-21,02%
25	62,50%	-2600	-17,37%
26	65,00%	-2985	-14,80%
27	67,50%	-3369	-12,89%
28	70,00%	-3754	-11,42%
29	72,50%	-4139	-10,25%
30	75,00%	-4524	-9,30%

FONTE: AUTOR.

TABELA 144 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I₄₆ OU IN₄₆) – REGRESSÃO EXPONENCIAL AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50%

Ano	I ₄₆ ou IN ₄₆	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
0	0,00%	64881	0,00%
1	2,50%	49194	24,18%
2	5,00%	37300	24,18%
3	7,50%	28282	24,18%
4	10,00%	21444	24,18%
5	12,50%	16260	24,18%
6	15,00%	12328	24,18%
7	17,50%	9348	24,18%
8	20,00%	7088	24,18%
9	22,50%	5374	24,18%
10	25,00%	4075	24,18%
11	27,50%	3090	24,18%
12	30,00%	2343	24,18%
13	32,50%	1776	24,18%
14	35,00%	1347	24,18%
15	37,50%	1021	24,18%
16	40,00%	774	24,18%
17	42,50%	587	24,18%
18	45,00%	445	24,18%
19	47,50%	338	24,18%
20	50,00%	256	24,18%
21	52,50%	194	24,18%
22	55,00%	147	24,18%
23	57,50%	112	24,18%
24	60,00%	85	24,18%
25	62,50%	64	24,18%
26	65,00%	49	24,18%
27	67,50%	37	24,18%
28	70,00%	28	24,18%
29	72,50%	21	24,18%
30	75,00%	16	24,18%

FONTE: AUTOR.

TABELA 145 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I₄₆ OU IN₄₆) – REGRESSÃO EXPONENCIAL AUMENTO DA COBERTURA DE 5,00%

Ano	I ₄₆ ou IN ₄₆	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
0	0,00%	64881	0,00%
1	5,00%	37300	42,51%
2	10,00%	21444	42,51%
3	15,00%	12328	42,51%
4	20,00%	7088	42,51%
5	25,00%	4075	42,51%
6	30,00%	2343	42,51%
7	35,00%	1347	42,51%
8	40,00%	774	42,51%
9	45,00%	445	42,51%
10	50,00%	256	42,51%
11	55,00%	147	42,51%
12	60,00%	85	42,51%
13	65,00%	49	42,51%
14	70,00%	28	42,51%
15	75,00%	16	42,51%
16	80,00%	9	42,51%
17	85,00%	5	42,51%
18	90,00%	3	42,51%
19	95,00%	2	42,51%
20	100,00%	1	42,51%
21	100,00%	1	0,00%
22	100,00%	1	0,00%
23	100,00%	1	0,00%
24	100,00%	1	0,00%
25	100,00%	1	0,00%
26	100,00%	1	0,00%
27	100,00%	1	0,00%
28	100,00%	1	0,00%
29	100,00%	1	0,00%
30	100,00%	1	0,00%

FONTE: AUTOR.

TABELA 146 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I₄₆ OU IN₄₆) – REGRESSÃO EXPONENCIAL AUMENTO DA COBERTURA DE 25,00% (Continua)

Ano	I ₄₆ ou IN ₄₆	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
0	0,00%	64881	0,00%
1	25,00%	4075	93,72%
2	50,00%	256	93,72%
3	75,00%	16	93,72%
4	100,00%	1	93,72%
5	100,00%	1	0,00%
6	100,00%	1	0,00%
7	100,00%	1	0,00%
8	100,00%	1	0,00%
9	100,00%	1	0,00%
10	100,00%	1	0,00%
11	100,00%	1	0,00%
12	100,00%	1	0,00%
13	100,00%	1	0,00%
14	100,00%	1	0,00%
15	100,00%	1	0,00%

FONTE: AUTOR.

TABELA 146 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO EXPONENCIAL AUMENTO DA COBERTURA DE 25,00% (Final)

Ano	I_{46} ou IN_{46}	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
16	100,00%	1	0,00%
17	100,00%	1	0,00%
18	100,00%	1	0,00%
19	100,00%	1	0,00%
20	100,00%	1	0,00%
21	100,00%	1	0,00%
22	100,00%	1	0,00%
23	100,00%	1	0,00%
24	100,00%	1	0,00%
25	100,00%	1	0,00%
26	100,00%	1	0,00%
27	100,00%	1	0,00%
28	100,00%	1	0,00%
29	100,00%	1	0,00%
30	100,00%	1	0,00%

FONTE: AUTOR.

A TABELA 147 apresenta os resultados encontrados para um aumento do I_{46} ou IN_{46} de 2,5% utilizando a equação de regressão de potência.

TABELA 147 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO DE POTÊNCIA AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50% (Continua)

Ano	I_{46} ou IN_{46}	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
0	0,00%	-	-
1	2,50%	44754818	-
2	5,00%	2869842	93,59%
3	7,50%	575451	79,95%
4	10,00%	184025	68,02%
5	12,50%	76001	58,70%
6	15,00%	36900	51,45%
7	17,50%	20032	45,71%
8	20,00%	11800	41,09%
9	22,50%	7399	37,30%
10	25,00%	4873	34,13%
11	27,50%	3340	31,46%
12	30,00%	2366	29,17%
13	32,50%	1723	27,18%
14	35,00%	1285	25,45%
15	37,50%	977	23,92%
16	40,00%	757	22,57%
17	42,50%	595	21,36%
18	45,00%	474	20,27%
19	47,50%	383	19,29%
20	50,00%	313	18,39%
21	52,50%	258	17,58%
22	55,00%	214	16,84%
23	57,50%	180	16,15%
24	60,00%	152	15,52%
25	62,50%	129	14,94%

FONTE: AUTOR.

TABELA 147 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I₄₆ OU IN₄₆) – REGRESSÃO DE POTÊNCIA AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50% (Final)

Ano	I ₄₆ ou IN ₄₆	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
26	65,00%	110	14,40%
27	67,50%	95	13,89%
28	70,00%	82	13,42%
29	72,50%	72	12,98%
30	75,00%	63	12,57%

FONTE: AUTOR.

A TABELA 148 apresenta os resultados encontrados para um aumento do I₄₆ ou IN₄₆ de 2,5% utilizando a equação de regressão logarítmica.

TABELA 148 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I₄₆ OU IN₄₆) – REGRESSÃO LOGARÍTMICA AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50%

Ano	I ₄₆ ou IN ₄₆	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
0	0,00%	-	-
1	2,50%	16306	-
2	5,00%	12435	23,74%
3	7,50%	10171	18,21%
4	10,00%	8564	15,80%
5	12,50%	7318	14,55%
6	15,00%	6300	13,91%
7	17,50%	5439	13,66%
8	20,00%	4693	13,71%
9	22,50%	4036	14,01%
10	25,00%	3447	14,58%
11	27,50%	2915	15,44%
12	30,00%	2429	16,67%
13	32,50%	1982	18,40%
14	35,00%	1568	20,88%
15	37,50%	1183	24,57%
16	40,00%	822	30,47%
17	42,50%	484	41,17%
18	45,00%	165	65,97%
19	47,50%	-137	183,38%
20	50,00%	-424	-208,64%
21	52,50%	-696	-64,30%
22	55,00%	-956	-37,32%
23	57,50%	-1204	-25,97%
24	60,00%	-1442	-19,74%
25	62,50%	-1670	-15,81%
26	65,00%	-1889	-13,12%
27	67,50%	-2100	-11,16%
28	70,00%	-2303	-9,67%
29	72,50%	-2499	-8,51%
30	75,00%	-2688	-7,58%

FONTE: AUTOR.

A TABELA 149 apresenta os resultados encontrados para um aumento do I_{46} ou IN_{46} de 2,5% utilizando a equação polinomial de 2ª ordem.

TABELA 149 – TAXA DE DIMINUIÇÃO DE ÓBITOS DE CRIANÇAS MENORES QUE 5 ANOS POR DIARREIA EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO ÍNDICE DE ESGOTOS TRATADOS (I_{46} OU IN_{46}) – REGRESSÃO POLINOMIAL DE 2ª ORDEM AUMENTO DA COBERTURA DE 2,50% (Continua)

Ano	I_{46} ou IN_{46}	Mortes de crianças com idade menor que 5 anos	Taxa de diminuição (%)
0	0%	17690	0%
1	2,50%	15851	10,39%
2	5,00%	14116	10,94%
3	7,50%	12485	11,55%
4	10,00%	10958	12,23%
5	12,50%	9534	12,99%
6	15,00%	8214	13,84%
7	17,50%	6998	14,81%
8	20,00%	5886	15,90%
9	22,50%	4877	17,14%
10	25,00%	3972	18,56%
11	27,50%	3170	20,18%
12	30,00%	2473	22,00%
13	32,50%	1879	24,02%
14	35,00%	1389	26,09%
15	37,50%	1002	27,83%
16	40,00%	720	28,20%
17	42,50%	541	24,87%
18	45,00%	465	13,92%
19	47,50%	494	-6,12%
20	50,00%	626	-26,77%
21	52,50%	862	-37,68%
22	55,00%	1202	-39,40%
23	57,50%	1645	-36,90%
24	60,00%	2192	-33,26%
25	62,50%	2843	-29,69%
26	65,00%	3598	-26,54%
27	67,50%	4456	-23,86%
28	70,00%	5418	-21,59%
29	72,50%	6484	-19,67%
30	75,00%	7653	-18,04%

FONTE: AUTOR.

Analisando os resultados apresentados anteriormente, para cada equação de regressão, conclui-se que a regressão exponencial apresenta a relação mais adequada para a projeção de diminuição de mortes de crianças menores de 5 anos com o aumento do I_{46} ou IN_{46} , pois:

- A regressão linear a partir de um índice I_{46} ou IN_{46} de 47,50% apresenta mortes negativas, o que não tem sentido físico na projeção. Poderia ser argumentado que o aumento de até aproximadamente 45,6%, que resulta em uma taxa de diminuição de 100% de mortes, representar a realidade. Porém, como apresentado anteriormente, o aumento do I_{46}

ou IN_{46} não explica totalmente a redução de mortes de crianças menores de 5 anos, além do que, manter aproximadamente 55% de esgoto sem tratamento aumenta em muito a probabilidade de se ocorrer mortes por diarreia tornando, praticamente, inverídico que 100% das mortes poderiam ser evitadas por apenas 45,6% do tratamento dos esgotos gerados

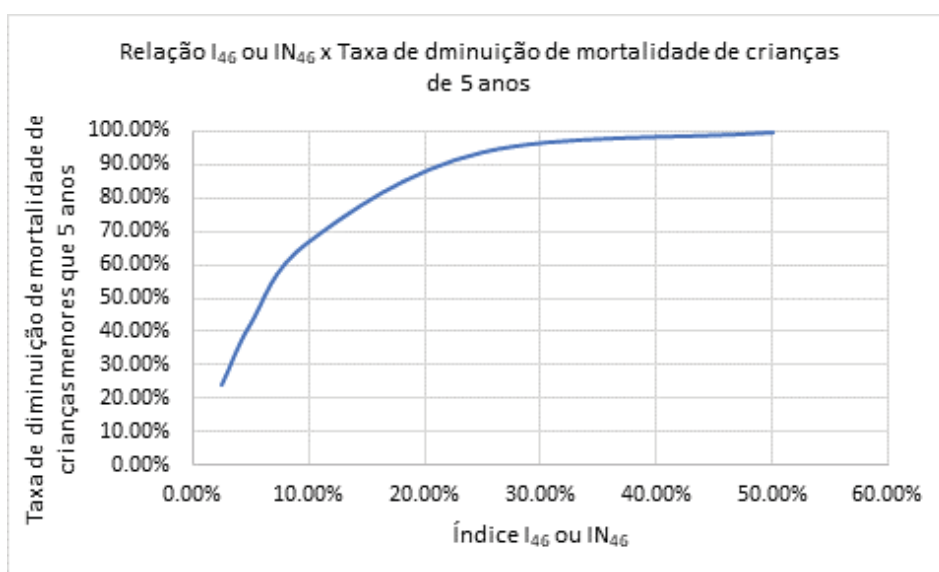
- A regressão de potência, para um aumento de apenas 5,00% representou uma diminuição de aproximadamente 94% nas mortes por diarreia em crianças menores de 5 anos, o que não representaria a realidade. Além disso, pela natureza matemática da equação, o tratamento de 0% dos esgotos gerados não resulta em um parâmetro físico realista
- A regressão logarítmica a partir de um índice I_{46} ou IN_{46} de 47,50% apresenta mortes negativas, o que não tem sentido físico na projeção. Poderia ser argumentado que o aumento de até aproximadamente 46,35%, que resulta em uma taxa de diminuição de 100% de mortes, representar a realidade. Porém, como apresentado anteriormente, o aumento do I_{46} ou IN_{46} não explica totalmente a redução de mortes de crianças menores de 5 anos, além do que, manter aproximadamente 55% de esgoto sem tratamento aumenta em muito a probabilidade de se ocorrer mortes por diarreia tornando, praticamente, inverídico que 100% das mortes poderiam ser evitadas por apenas 46,3% do tratamento dos esgotos gerados. Além disso, pela natureza matemática da equação, o tratamento de 0% dos esgotos gerados não resulta em um parâmetro físico realista
- A regressão polinomial de 2ª ordem a partir de um índice I_{46} ou IN_{46} de 47,50% apresenta mortes negativas, o que não tem sentido físico na projeção. Poderia ser argumentado que o aumento de até aproximadamente 46,13%, que resulta em uma taxa de diminuição de 100% de mortes, representar a realidade. Porém, como apresentado anteriormente, o aumento do I_{46} ou IN_{46} não explica totalmente a redução de mortes de crianças menores de 5 anos, além do que, manter aproximadamente 55% de esgoto sem tratamento aumenta em

muito a probabilidade de se ocorrer mortes por diarreia tornando, praticamente, inverídico que 100% das mortes poderiam ser evitadas por apenas 46,3% do tratamento dos esgotos gerados. Além disso, pela natureza matemática da equação, o tratamento de 0% dos esgotos gerados não resulta em um parâmetro físico realista

- A regressão exponencial, apresenta-se como a terceira melhor relação, analisando o coeficiente de determinação (r^2), ficando atrás das regressões Polinomial de 2ª ordem e de potência, descartadas pelas razões anteriormente apresentadas

Observa-se ainda, que todas as regressões apresentam um crescimento maior no início do aumento do I_{46} ou IN_{46} , diminuindo-se o impacto à medida que o Índice sobe, indicando uma tendência de diminuição do impacto na morte de crianças menores que 5 anos, a medida que aumenta a cobertura de esgoto tratado, como pode ser observado no GRÁFICO 36, para a regressão exponencial.

GRÁFICO 36 – RELAÇÃO I_{46} OU IN_{46} TAXA DE REDUÇÃO DE MORTALIDADE DE CRIANÇAS MENORES DE 5 ANOS POR DIARREIA



FONTE: AUTOR.

Observando o GRÁFICO 36, percebe-se que um aumento de cobertura acima de 25% não gera um impacto tão significativo na taxa de diminuição de óbitos, para os dados avaliados. Dessa maneira, sugere-se que o aumento na cobertura seja realizado à uma taxa mínima de 25% ao ano.

6 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal conceber uma metodologia conceitual e matemática para auxiliar no planejamento integrado para implementação de sistemas separadores ou combinados para o esgotamento sanitário e a drenagem urbana de municípios.

Observa-se que, para os sistemas combinados, a proposição é de um sistema alternativo ao combinado convencional, denominado Sistema Único Alternativo (SUA), onde os esgotos são previamente tratados e depois lançados na rede de drenagem para a disposição final no corpo hídrico receptor.

A primeira etapa da metodologia ora proposta consistiu na elaboração de um quadro contendo 29 macro alternativas, para os Sistemas Separador Absoluto (SSA) e Único Alternativo (SUA), considerando as possibilidades de coleta e tratamento tanto dos esgotos sanitários quanto das águas pluviais. O QUADRO 19 (p. 140) apresenta as macro alternativas resultantes da combinação de todos os sistemas, enquanto a FIGURA 32 (p. 139) e a FIGURA 33 (p. 139), mostra, simplificada, as alternativas possíveis de serem adotadas para o SSA e SUA, respectivamente. As alternativas apresentadas, não tem a intenção de limitação, ou seja, durante a aplicação da metodologia os agentes decisores são livres para acrescentar novas alternativas que, eventualmente, atendam às particularidades do município avaliado.

Com relação à pré-avaliação das alternativas, de maneira a se manter aquelas de interesse para as demais etapas da metodologia proposta, foi sugerido a utilização do modelo de ponderação aditiva, onde são estabelecidos critérios e pesos para esses critérios, obtendo-se a somatória ponderada das alternativas, descartando-se aquelas que pior se classificam sobre os critérios avaliados. No estudo de caso apresentado foram assumidos 4 critérios de avaliação (ver QUADRO 20, p. 179), resultando na exclusão de 5 alternativas pré-selecionadas. Porém, observa-se que a escolha e quantidade de critérios deve ser realizada em conjunto pelos agentes decisores, observando que no presente estudo não se avaliou, por exemplo, a economia no uso de água potável com a utilização dos esgotos tratados e das águas pluviais, o que poderia resultar na inclusão de mais alternativas no processo decisório.

Dessa maneira, como apresentado, o objetivo a), apresentado no item 2 (p. 44), foi atendido.

O segundo objetivo específico foi o de revisar e aplicar a teoria do transporte de sedimentos no dimensionamento de redes coletoras de drenagem do SSA e combinada do SUA. No item 4.5.5.1 (p. 87) foi apresentado que atualmente, no Brasil, não existe uma norma nacional específica para a coleta e transporte de águas pluviais, diferentemente do que ocorre para os esgotos sanitários, sendo as diretrizes estabelecidas nas esferas estadual e municipal. Além disso, observa-se uma grande variabilidade nos parâmetros estabelecidos por essas normas, como apresentado na TABELA 8 (p. 89). Cita-se ainda que o dimensionamento das redes coletoras para atender a uma única velocidade, como critério de autolimpeza das tubulações, pode levar a subdimensionamentos das redes.

Isto posto, sugere-se a aplicação da teoria do transporte de sedimentos para a determinação da velocidade mínima em redes de drenagem, de maneira a garantir a autolimpeza nas tubulações. O estudo demonstrou ser possível a aplicação da metodologia, inclusive com a elaboração de planilha de dimensionamento das redes de drenagem e combinada, as quais são apresentadas nos Apêndices 11 (p. 342) e 13 (p. 344), automatizando as mesmas em linguagem VBA, no software excel da empresa Microsoft, cuja programação é apresentada nos Apêndices 5 (p. 333) e 6 (p. 336).

Observa-se que, como demonstrado na avaliação de desempenho hidráulico das redes, do estudo de caso realizado, na TABELA 66 (p. 219), o critério de autolimpeza das tubulações foi alcançado mesmo com velocidades inferiores a 0,60 m/s, menor velocidade mínima encontrada nas normas estabelecidas nas capitais do Brasil, chegando a uma velocidade mínima requerida de até 0,14 m/s. Isso sugere que a aplicação da teoria do transporte de sedimentos, pode levar a dimensionamentos mais econômicos da rede de drenagem, à medida que se diminui a declividade requerida para as tubulações e, conseqüentemente, a escavação das valas de instalação.

A revisão realizada e as planilhas de dimensionamento desenvolvidas, resultam no atendimento ao objetivo específico b) (p. 44) proposto no presente trabalho.

O terceiro objetivo específico proposto foi o de desenvolver uma rotina para a definição de sistemas de tratamento de esgotos centralizado. Para tanto foi desenvolvida uma planilha em excel, programada em VBA, que, a partir da entrada de parâmetros específicos como população atendida, concentração de poluentes do

esgoto sem tratamento e requerido para o efluente tratado e área disponível para instalação, resultassem nas tipologias de tratamento que atendessem à necessidade de tratamento requerida.

A rotina foi dividida em três análises automatizadas. Na primeira, é calculado os índices de tratabilidade requerido (ITr) e tratabilidade fornecido (ITf), permanecendo as alternativas de tratamento em que o ITf fosse maior ou igual ao ITr. A segunda análise avalia se o terreno disponível para implantação do sistema é suficiente para as alternativas resultantes da primeira análise, descartando-se aquelas em que a área requerida fosse maior que a disponível. Finalmente, a última análise é realizada para hierarquizar as alternativas selecionadas de acordo com o ITf, do maior para o menor valor encontrados.

A planilha construída possui a possibilidade de 37 sistemas de tratamento de esgotos, com as respectivas eficiências de remoção dos principais poluentes encontrados no esgoto bruto, a partir de dados da literatura. Além dessas eficiências, o usuário pode inserir eficiências adicionais ao tratamento, originadas de tratamento complementar, como por exemplo um tratamento terciário, físico-químico, para a remoção de fósforo. Automaticamente a eficiência adicional, para o parâmetro considerado, é incorporada à eficiência original em todos os tratamentos avaliados, resultando na chamada eficiência de remoção final do tratamento, sendo essa, então, a eficiência de remoção considerada no cálculo do ITf.

Realizada as análises, automaticamente a planilha salva os resultados em um outro arquivo excel, cujo qual é nomeado pelo usuário.

As rotinas de programação em VBA são apresentadas no Apêndice 21 (p. 431).

A análise anteriormente descrita visa descartar as alternativas de tratamento que não atendem ao critério de eficiência e de área disponível para implantação do sistema. Assim, uma análise complementar deve ser realizada para a escolha final do tratamento.

Considerando que os custos unitários de implantação e de operação estão na mesma base de dados, sugere-se a utilização desses para a avaliação complementar dos sistemas. Os sistemas foram, então, hierarquizados pelo custo unitário de implantação, realizando uma análise econômica para essa base de dados. Essa avaliação pode resultar em uma alternativa clara de tratamento, a ser escolhida, mas também pode resultar na necessidade de uma análise complementar, caso as

diferenças entre as mesmas não sejam significativas. No estudo de caso do presente trabalho, duas alternativas tiveram os seus custos de implantação, operação e manutenção próximos, resultando na necessidade de uma avaliação adicional para a escolha do tratamento. Nesse caso, foram avaliados cenários de implantação e operação em etapas, para cada uma das duas alternativas, permitindo uma escolha mais precisa do tratamento de esgotos a ser implantado para o SSA. Em resumo, os agentes decisores, devem avaliar, ao longo do processo, a necessidade de análises complementares para a definição dos sistemas.

A planilha desenvolvida e a dinâmica de análise apresentada, resultaram no atendimento ao terceiro objetivo específico estabelecido.

O desenvolvimento da rotina de Sistema de Apoio a Decisão (SAD), quarto objetivo específico da pesquisa, foi contemplado em sua totalidade, sendo resumida na FIGURA 31 (p. 136) e QUADRO 18 (p. 136), e mais detalhadamente no item 5.2 (p. 137 a p. 158), onde são descritas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do SAD, desde determinação da lista de alternativas para os sistemas SSA e SUA, até a avaliação para a determinação de um plano de implantação da alternativa escolhida.

Os conceitos matemáticos e lógicos, para um futuro desenvolvimento de um aplicativo computacional de aplicação da metodologia ora apresentada, foram desenvolvidos junto com a ferramenta apresentada. Destacando-se:

- Metodologia para a pré-seleção de alternativas, através do uso do modelo de ponderação aditiva, apresentada no item 4.7.2 (p. 129);
- Planilha de dimensionamento hidráulico das redes combinadas e de drenagem, cujo arcabouço teórico, utilizando a teoria do transporte de sedimentos, apresentado no item 5.2.3.3 subitem b) (p. 144), e a rotina de programação nos Apêndices 4 (p. 331), 5 (p. 333) e 6 (p. 336);
- Planilha de escolha e hierarquização de sistemas de tratamento de esgotos, cujos conceitos são apresentados no item 5.2.3.4 subitem a) (p. 146) e as rotinas de programação no Apêndice 21 (p. 431);
- Formulações matemáticas, já consolidadas, para o pré-dimensionamento das redes coletoras de esgotos (item 5.2.3.3, subitem a), p. 143), unidades de SUDS, como as trincheiras de infiltração (item 5.3.8.7.1, p. 207) e *Wetlands* construídas (item

5.3.8.7.2, p. 211), avaliação econômica (item 5.3.9.2, p. 221), avaliação ambiental (item 5.3.9.3, p. 248); e

- Estrutura lógica para a avaliação ambiental, visando o plano de implementação da alternativa, bem como a estrutura lógica e formulação matemática também para o plano implementação, apresentados, respectivamente, nos itens 5.3.10.1 (p. 273) e 5.3.10.2 (p. 277).

A metodologia desenvolvida foi aplicada a um estudo de caso, para o município de Nobres. A ferramenta se mostrou eficaz a medida que ao final da aplicação dela, uma alternativa resultou como a mais atrativa para a implantação, no caso o SSA sem SUDS, como apresentado na matriz de classificação da TABELA 121 (p. 259), lembrando que, todas as alternativas atendem à necessidade de proteção ambiental estabelecidas. A análise de sensibilidade realizada, mostrou a robustez do resultado, como apresentado no GRÁFICO 16 (p. 272) onde, considerando o limite de 10% como limite econômico de diferença significativa entre as alternativas, o SSA sem SUDS é a melhor alternativa quando o subsídio concedido, para implantação de sistemas de tratamento de esgotos individuais, pelo órgão responsável pelo sistema é acima de 31%, sendo que na avaliação original considerou-se um subsídio de 100%. Abaixo dos 31% a alternativa SUA sem SUDS se torna atrativa, mas sem uma definição concreta entre uma ou outra alternativa, cabendo aos agentes decisores a decisão final de qual alternativa deve ser implantada.

A análise de sensibilidade realizada, considerando a implantação de um tratamento terciário para remoção de nutrientes (N e P) para o SSA sem SUDS, evidenciou um grande potencial de implantação do SUA sem SUDS, como demonstrado no GRÁFICO 15 (p. 271), principalmente se for considerado aqueles municípios onde existam implantados algumas estruturas, mesmo que parciais, como redes de drenagem.

Assim, observa-se que os objetivos específicos f) e g) (p. 44) foram alcançados.

Finalmente, considerando a elaboração de um plano simplificado de implementação das alternativas, considerou-se as sub bacias de drenagem como as unidades básicas para a sequência de implantação de redes de drenagem e esgoto, estruturas mais onerosas dos sistemas. Duas avaliações foram realizadas, sendo

sugeridas para o SAD desenvolvido. Na primeira avaliação, foram determinadas as sequências de obras de acordo com o impacto ambiental positivo gerado, resultando na hierarquização das sub bacias de drenagem a serem implementadas as obras. Na segunda avaliação determinou-se, para a coleta dos esgotos e, conseqüentemente, o tratamento necessário, o crescimento mínimo anual de atendimento da população, de maneira a se obter uma maior efetividade no combate à mortalidade infantil devido à diarreia, resultando, então, no plano simplificado de implantação de obras proposto como objetivo do presente trabalho.

Alcançados os objetivos específicos estabelecidos no item 2 (p. 44), o objetivo geral foi atendido como consequência, haja visto, como produto final, a ferramenta desenvolvida e descrita nos itens 5.1 (p. 135) e 5.2 (p. 137), atendeu a seu propósito de auxiliar no planejamento integrado de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem urbana, sob as quatro óticas estabelecidas, econômica, técnica, ambiental e social, como demonstrado pela aplicação em um estudo de caso.

Apresentadas as conclusões, considera-se que a hipótese do presente trabalho, de que uma ferramenta de apoio à decisão, englobando alternativas de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem urbana integrados, contribui para a elaboração de um plano de gestão de águas urbanas, foi comprovada.

7 TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento do presente trabalho resultou nas seguintes possibilidades de futuros trabalhos a serem desenvolvidos, como sugestão, em nível de Mestrado ou Doutorado:

- O principal trabalho a ser desenvolvido, seria o desenvolvimento de um aplicativo computacional, que integrasse toda a metodologia apresentada na presente Tese. Esse poderia ser um trabalho multidisciplinar, incorporando as áreas de engenharia ambiental, sanitária, civil e de computação. A pesquisa poderia ser validada por um estudo de caso, incorporando cenários não avaliados na presente pesquisa, como alternativas de desinfecção de efluentes;
- A pesquisa se limitou a avaliar os impactos dentro de um município apenas, e considerando a drenagem e os esgotos sanitários. Uma outra pesquisa poderia realizar o desenvolvimento, da mesma metodologia, mas em nível de bacia hidrográfica, avaliando alternativas que contemplem também os impactos no abastecimento de água, como por exemplo, a economia gerada na busca por água de qualidade, devido à preservação do corpo hídrico, para municípios a jusante de outros municípios; e
- Outro trabalho a ser desenvolvido, seria o desenvolvimento de uma análise em CFD (*Computational Fluid Dynamic*) para validar a teoria de transportes de sedimentos aplicada as redes coletoras, como sugerido no presente. O mesmo teria caráter experimental, onde, por exemplo, três tubulações de diâmetros variados, poderiam ser instaladas como pilotos, possibilitando a variação de declividades, vazões e quantidade de sedimentos, utilizando um diâmetro de maneira a validar o modelo computacional e a partir desse modelar as três tubulações, em ambiente computacional, validando os resultados com as outras duas tubulações e, assim, confirmando ou não as premissas de dimensionamento das redes coletoras.

REFERÊNCIAS

ACKERS, P. Sediment aspects of drainage and outfall design. **Proceedings of the International Symposium on Environmental Hydraulics**. Hong Kong: A. A. Balkema (Rotterdam), 1991.

ACKERS, J. C.; BUTLER, D.; MAY, R. **Report n.141 – Design of sewers to control sediment problems**. Construction Industry research and Information Association (CIRIA). Londres, 1996.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Procedimentos Técnicos e administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas**. Brasília, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Mapa Interativo de Outorgas**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=0d9d29ec24cc49df89965f05fc5b96b9>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

AISSE, M.M. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

AKAN, A. O.; HOUGHTALEN, R. J. **Urban hydrology, hydraulics, and stormwater quality: engineering applications and computer modeling**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

ALÉM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 1. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999.

ALBANY. **Division E – Stormwater Management Engineering Standards**. Public Works Department. Albany, Oregon, 2015.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). ASCE Manuals and Reports of Engineering Practice n. 77/WEF Manual of Practice n. FD-20. **Urban Stormwater Management Systems**. New York, 1992.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice n. 60/WEF Manual of Practice n. FD-5. **Gravity sanitary sewer design and construction**. 2. ed. Reston, 2007.

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Curitiba: SANEPAR, 2001.

ARNOTT, D.; PERVAN, G. A critical analysis of decision support systems research. **Journal of information technology**, v. 20, n. 2, p. 67-87, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12207**: Projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12208**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14486**: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário – Projeto de redes coletoras com tubos de PVC. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15645**: Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto. Rio de Janeiro, 2008.

AYRES, M.; AYRES-JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. (2007). Software BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. 2007. Disponível em: <<https://www.mamiraua.org.br/index.php>>, download em 15 de maio de 2020.

AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, M. F.; ARAÚJO, R. de; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

BÄCKSTRÖM, M. Grassed swales for stormwater pollution control during rain and snowmelt. **Water Science and Technology**, v. 48, n. 9, p. 123-132, 2003.

BAHRI, A. **Integrated urban water management**. GWP Tec background papers. Global Water Partnership, Stockholm, v. 16, 2012.

BALLO, S.; LIU, M.; HOU, L.; CHANG, J. Pollutants in stormwater runoff in Shanghai (China): Implications for management of urban runoff pollution. **Progress in Natural Science**, v. 19, n. 7, p. 873-880, 2009.

BANCO DE DADOS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE (SUS). Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>, acesso em 10 de maio de 2020.

BANCO DE DADOS DO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>, acesso em 12 de maio de 2020.

BAZERMAN, M. H.; MOORE, D. **Processo decisório**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2015.

BELLI, P.; et al. **Handbook on Economica Analysis of Investiment Operations**. Washington, DC: The World Bank, 1998.

BELO HORIZONTE. **Instrução Técnica para elaboração de estudos de projetos de drenagem urbana do município de Belo Horizonte**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – Secretaria Municipal da Coordenação de Política Urbana e Ambiental (SCOMURBE). Belo Horizonte, 2004.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Scotland: Springer Science & Business Media, 2002.

BERNDTSSON, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. **Ecological engineering**, v. 36, n. 4, p. 351-360, 2010.

BIRCH, G. F.; MATTHAI, C.; FAZELI, M. S. Efficiency of a retention/detention basin to remove contaminants from urban stormwater. **Urban Water Journal**, v. 3, n. 2, p. 69-77, 2006.

BONATTI, A. F.; SILVA, A. M. C. da; MURARO, A. P. Mortalidade infantil em Mato Grosso, Brasil: tendência entre 2007 e 2016 e causas de morte. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, v. 25, n. 7, p. 2821-2830, 2020.

BORATTO, D. C. **Custo de Implantação de Wetlands**. Mensagem recebida por: <orcamento@cism.com.br>. 28 abril 2020.

BOZA, A. L. R; **Relatório de estudo orçamento executivo da estação de tratamento de esgoto – ETE OURINHOS**. Curitiba: CISM Engenheiros Consultores LTDA, 2020a.

BOZA, A. L. R; **Relatório de estudo orçamento executivo da estação de tratamento de esgoto – ETE IAPÓ**. Curitiba: CISM Engenheiros Consultores LTDA, 2020b.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/legislacaoConstituicao/anexo/CF.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

BRASIL. **Lei Federal nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Diário Oficial da União, s. 1, p. 3, republicada em 1998.

BRASIL. **Lei das Águas. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e

altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, v. 1, s. 1, p. 470, 1997.

BRASIL. **Lei n. 9.637 de 15 de maio de 1998.** Dispõe sobre a qualificação de entidades como organizações sociais, a criação do Programa Nacional de Publicização, a extinção dos órgãos e entidades que menciona e a absorção de suas atividades por organizações sociais, e dá outras providências. Diário Oficial da União, s. 1, p. 8, 1998.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004.** Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Diário Oficial da União, s. 1, p. 6, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. **Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica.** Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília, Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005.** Conselho Nacional de Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília, DF, 18 março, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de drenagem de Rodovias - 2. ed.** - Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, s. 1, p. 3 (Publicação Original), 2007.

BRASIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010.** Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Edição Extra, s. 1, p. 1, 2010a.

BRASIL. **Resolução do CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Brasília, DF, 16 maio, 2011a.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Guia para a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico** - Brasília: Ministério das Cidades, 2ª ed., 2011b.

BRASIL. **Lei nº 13.303, de 30 de junho de 2016.** Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. **Diário Oficial da União**, n. 125, s. 1, p. 1, 2016.

BRASIL. **Atlas esgotos: despolição de bacias hidrográficas**. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. ANA: Brasília, 2017a. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>> Acesso em: 10 ago. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Snis.exe. Série Histórica, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019a. 180 p.: il.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019b. 195 p.: il.

BRASIL. **Banco de dados SNIS** – Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) – Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). 2017b. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

BRITISH STANDARD INSTITUTION (BSI). **BS 752-4**: Drain and sewer systems outside buildings – Part 4: Hydraulic design and environmental considerations. London, UK, 1987.

BRITISH STANDARD INSTITUTION (BSI). **BS 8005-1**: Sewerage – Part 1: Guide to new sewerage construction. London, UK, 1987.

BRITISH STANDARD INSTITUTION (BSI). **BS EN 16933-2**: Drain and sewer systems outside buildings – Design – Part 2: Hydraulic design. London, UK, 2017.

BROWN, C.; et al. Characteristics of sediment removal in two types of permeable pavement. **Water Quality Research Journal**, v. 44, n. 1, p. 59-70, 2009.

BUTLER, D.; DIGMAN, C. J.; MAKROPOULOS, C.; DAVIES, J. W. **Urban drainage**. 4. ed. rev.e atual. Boca Raton: Crc Press, 2017.

BUTLER, D.; MAY, R.; ACKERS, J. Self-cleansing sewer design based on sediment transport principles. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 129, n. 4, p. 276-282, 2003.

CAMPANA, N. A.; BERNARDES, R. S.; DA SILVA JR, J. A. Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial urbano com bacias de retenção. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 2, n. 3, p. 98-111, 2007.

CAMPO GRANDE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande – Diagnóstico Ambiental Analítico das Bacias Hidrográficas**. Prefeitura Municipal de Campo Grande. Campo Grande, 2008.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARDONA, J. et al. Reuse-Oriented Decentralized Wastewater and Sewage Sludge Treatment for Small Urbanized Rural Settlements in Brazil: An Environmental Cost-Benefit Analysis. In: **Strategies and Tools for a Sustainable Rural Rio de Janeiro**. Springer, Cham, 2018. p. 277-293.

CHARLESWORTH, S. M.; HARKER, E.; RICKARD, S. A review of sustainable drainage systems (SuDS): A soft option for hard drainage questions? **Geography**, p. 99-107, 2003.

CHARLESWORTH, S. M. A review of the adaptation and mitigation of global climate change using sustainable drainage in cities. **Journal of Water and Climate Change**, v. 1, n. 3, p. 165-180, 2010.

CHARLESWORTH, S. M.; BOOTH, C. A. (Ed.). **Sustainable surface water management: a handbook for SUDS**. John Wiley & Sons, 2016.

CIWEM. **Integrated Urban Drainage Modelling Guide**. URBAN DRAINAGE GROUP, WAPUG, 2009. Disponível em: <[http://www.ciwem.org/media/44495/WaPUG_IUD_Modelling_Guide_Draft_Rev1_v28_\(June_09\)_v01e001.pdf](http://www.ciwem.org/media/44495/WaPUG_IUD_Modelling_Guide_Draft_Rev1_v28_(June_09)_v01e001.pdf)> Acesso em: 13 jul. 2018.

CLEMEN, R. T.; REILLY, T. **Making hard decisions with DecisionTools**. Editora: Cengage Learning, 2013.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, D.C.: American Public Health Associations, p. 2671, 1999.

COLLINS, K. A.; HUNT, W. F.; HATHAWAY, J. M. Evaluation of various types of permeable pavements with respect to water quality improvement and flood control. In: **ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2006.

COOMBES, P. J.; KUCZERA, G. Integrated urban water cycle management: Moving towards systems understanding. In: **Proceedings of the 2nd National Conference on Water Sensitive Urban Design, Engineers Australia**, 2002. p. 2-4.

CURITIBA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba – Volume IV – Manual de Drenagem**. Prefeitura Municipal de Curitiba. Curitiba, 2017.

CVJETANOVIC, B. Health effects and impacts of water supply and sanitation. **World health statistics quarterly 1986**; 39 (1): 105-117, 1986.

DOOGE, J. Cl. The development of hydrological concepts in Britain and Ireland between 1674 and 1874. **Hydrological Sciences Journal**, v. 19, n. 3, p. 279-302, 1974.

DOS SANTOS, S. A.; GASTALDINI, M. do C. C. An assessment of quality of stormwater in a subtropical urban watershed. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 5, p. 379, 2016.

DOTRO, G. et al. **Treatment wetlands**. London: IWA, 2017.

DYE, C.; MILLS, A.; PHILLIPS. **Guidelines for Cost-Effectiveness Analysis of Vector Control**. PEEM Guidelines Series 3. WHO, 1993.

EBTEHA, J. I.; BONAKDARI, H.; SHARIFI, A. Design criteria for sediment transport in sewers based on self-cleansing concept. **Journal of Zhejiang University – Science A**, v. 15, n. 11, p. 914-924, 2014.

ENERGISA. **Tipos de Tarifas**. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

FAO. **AQUASTAT Main Database** - Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

FENDRICH, R. Drenagem urbana. In: FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4. ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1997. p. 125-194.

FONSECA, F. R.; VASCONCELOS, C. H. Análise espacial das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil. **Cad Saúde Colet**, v. 19, n. 4, p. 448-53, 2011.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de orientação pra criação e organização de autarquias municipais de água e esgoto**. Brasília: FUNASA, 2001. p. 136.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Plano Municipal de Saneamento Básico: Produto C – Diagnóstico Técnico-Participativo do município de Nobres – MT**. Cuiabá: FUNASA, 2017. p. 270.

GARCIAS, C. M. Drenagem urbana. In: FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4. ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1997. p. 271-329.

GIOVE, S. et al. Decision support systems and environment: Role of MCDA. In: **Decision support systems for risk-based management of contaminated sites**. Springer, Boston, MA, 2009. p. 53-73.

GIRI, S.; QIU, Z. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. **Journal of environmental management**, v. 173, p. 41-48, 2016.

GÖBEL, P.; DIERKES, C.; COLDEWEY, W. G. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. **Journal of contaminant hydrology**, v. 91, n. 1-2, p. 26-42, 2007.

GOIÂNIA. **Diretrizes básicas de elaboração de projetos de microdrenagem superficial urbana**. Prefeitura Municipal de Goiânia – Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços (SEINFRA). Goiânia, 2018.

GUPTA, J. N. D.; FORGIONNE, G. A.; MORA, M. T. **Intelligent decision-making support systems: foundations, applications and challenges**. Cranfield: Springer Science & Business Media, 2007.

HAGEMANN, S. E.; GASTALDINI, M. do C. C. Variation of rainwater quality with precipitation: application to Santa Maria city-RS. **RBRH**, v. 21, n. 3, p. 525-536, 2016.

HAGER, W. **Hydraulicians in Europe 1800-2000**. CRC Press, 2014.

HAIKOWICZ, S.; COLLINS, K. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. **Water resources management**, v. 21, n. 9, p. 1553-1566, 2007.

HELLER, L. Saneamento e saúde. In: **Saneamento e saúde**. p. 97-97. 1997.

HOEPERS, T. R.; LOBATO, M. B.; SANTOS, D. C. dos. Esgotamento e drenagem para pequenos municípios: Análise comparativa entre o sistema separador absoluto e o sistema combinado alternativo. In: 14º Congresso da água, 2018, Évora, Portugal. **Anais...** Évora: APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2018.

HONGBING, L. U. O. et al. Total pollution effect of urban surface runoff. **Journal of Environmental Sciences**, v. 21, n. 9, p. 1186-1193, 2009.

HONG KONG. Drainage Services Department of Government of the Hong Kong Special Administrative Region **Sewerage manual**, 3 ed., Hong Kong, 2013.

HOULE, J. J.; et al. Comparison of maintenance cost, labor demands, and system performance for LID and conventional stormwater management. **Journal of environmental engineering**, v. 139, n. 7, p. 932-938, 2013.

HOWARD, Ronald A. Decision analysis: practice and promise. **Management science**, v. 34, n. 6, p. 679-695, 1988.

HUTTON, G.; HALLER, L.; BARTRAM, J. Global cost-benefit analysis of water supply and sanitation interventions. **Journal of water and health**, v. 5, n. 4, p. 481-502, 2007.

HUTTON, G. Global costs and benefits of reaching universal coverage of sanitation and drinking-water supply. **Journal of water and health**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2013.

HUTTON, G. et al. Economic efficiency of sanitation interventions in Southeast Asia. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, v. 4, n. 1, p. 23-36, 2014.

INDEPENDENT EVALUATION GROUP (IEG). **Cost-Benefit Analysis in World Bank Projects**. Washington, D.C., 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/meio-ambiente/9073->

pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=destaques> Acesso em: 09 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Banco de dados de estatísticas: Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=destaques>> Acesso em: 09 jul. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados históricos de temperatura do ano de 2000 a 2019**. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 01 ago. 2019.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Agenda 21: Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: Rio de Janeiro, 1992**. Curitiba: IPARDES, 2001.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-criteria decision analysis: methods and software**. 1. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.

KAYHANIAN, M.; et al. Application of permeable pavements in highways for stormwater runoff management and pollution prevention: California research experiences. **International Journal of Transportation Science and Technology**, 2019.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. Tradução Luciane Ferreira Pauleti Vianna. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

LEE, J. Y.; BAK, G.; HAN, M. Quality of roof-harvested rainwater—comparison of different roofing materials. **Environmental Pollution**, v. 162, p. 422-429, 2012.

LEE, M. et al. Consideration of rainwater quality parameters for drinking purposes: a case study in rural Vietnam. **Journal of environmental management**, v. 200, p. 400-406, 2017.

LEMOES, D.; et al. Environmental assessment of an urban water system. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 157-165, 2013.

LI, W. C.; YEUNG, K. K. A. A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 3, n. 1, p. 127-134, 2014.

LIMA, E. B. N. R. L.; FILHO, P. M.; MAURO, R. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Nobres-MT**. Cuiabá-MT: EdUFMT, 2017.

LINSLEY, Ray Keyes; FRANZINI, Joseph Bernard. Engenharia de recursos hídricos. **Engenharia de recursos hídricos**. USP/McGraw-Hill, 1978.

LIU, Y.; BRALTS, V. F.; ENGEL, B. A. Evaluating the effectiveness of management practices on hydrology and water quality at watershed scale with a rainfall-runoff model. **Science of The Total Environment**, v. 511, p. 298-308, 2015.

LOS ANGELES. **Bureau of Engineering Manual – Part G – Storm Drain Design**. Los Angeles, 1969.

LOURENÇO, R. R. de A. **Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis**. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2014.

MACKE, E. About sedimentation at low concentrations in partly filled pipes. **Mitteilungen, Leichtweiss – Institut für Wassrbau der Technischen Universität Braunschweig, Heft 76**, p. 1-151, 1982.

MAHEEPALA, S.; et al. **Integrated Urban Water Management Planning Manual**. Water Research Foundation, Denver, CO, 2010.

MARLOW, D. R.; et al. Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. **Water research**, v. 47, p. 7150-7161, 2013.

MATO GROSSO. **Resolução CEHIDRO nº 27/2009**, estabelecer os critérios técnicos a serem aplicados nas análises dos pedidos de outorga de captação superficial. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2009. Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br>. Acesso em: 16 ago. 2019

MATO GROSSO. **Resolução CEHIDRO nº 29/2009**, referentes à outorga para diluição de efluentes em corpos hídricos superficiais de domínio do Estado de Mato Grosso. Disponível em: <https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro276273/resolucao%20cehidro%20n%C2%BA%2029,%20de%2024-09-2009.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2019

MENDEZ, Carolina B. et al. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. **Water research**, v. 45, n. 5, p. 2049-2059, 2011.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering treatment and reuse**. 4. ed. New York: McGraw-Hill International, 2003.

METSÄRANTA, N., KOTOLA, J., NURMINEN, J. Effects of urbanization on runoff water quantity and quality: Experiences from test catchments in Southern Finland. **International Journal of River Basin Management**, v. 3, n. 3, p. 229-234, 2005.

MIELI, J. C. de A. **Reuso de água domiciliar**. 2001. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Niterói (RJ), 2001.

MOHAMED, K.; LUCKE, T.; BOOGAARD, F. Preliminary investigation into the pollution reduction performance of swales used in a stormwater treatment train. **Water Science and Technology**, v. 69, n. 5, p. 1014-1020, 2014.

MORTARA, F. C. **Utilização de leitos de drenagem no desaguamento de lodos anaeróbios**. 2011. 242f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 2011.

MOREIRA, L. G. R. **A influência da precipitação no transporte de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio dilúvio, Porto Alegre (RS), Brasil.** Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

MOURA, P. M. **Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana.** 2004. 164f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), 2004.

MYSIAK, J. **Decision Methods.** NetSyMoD, 2010. Disponível em: <http://www.netsymod.eu/mdss/mDSS_DECMETH.pdf> Acesso em: 22 jul. 2018

NATAL. **Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da cidade de Natal – Manual de drenagem.** Prefeitura Municipal de Natal – Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura (SEMOPI). Natal, 2009.

OECD. **Benefits of Investing in Water and Sanitation: An OECD Perspective.** 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264100817-en>>. Acesso em: 03 mar. 2020.

OLIVEIRA, L. F. C. de; VIOLA, M. R.; PEREIRA, S.; MORAIS, N. R. de. Modelos de predição de chuvas intensas para o estado do Mato Grosso, Brasil. **Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 3, p. 274-290, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Declaração de Estocolmo.** Conferência Mundial de Estocolmo, 5 jun. 1972. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/estocolmo.doc> Acesso em: 29 jun. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **The Future We Want.** Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, 20 a 22 jun. 2012. Disponível em: <http://www.un.org/disabilities/documents/rio20_outcome_document_complete.pdf> Acesso em: 29 jun. 2018.

OTA, J. J.; NALLURI, C. Urban Storm Sewer Design: Approach in Consideration of Sediments. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 129, n. 4, p. 291-297, 2003.

OTA, J. J.; PERRUSQUIA, G. S. Particle velocity and sediment transport at the limit of deposition in sewers. **Water Science and Technology**, v. 67, n. 5, p. 959-967, 2013.

PACHECO, R. P. et al. Estimativas de custos visando orientar a tomada de decisão na implantação de redes, coletores e elevatórias de esgoto. **RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 73 – 81, 2015.

PAGOTTO, C.; LEGRET, M.; LE CLOIREC, P. Comparison of the hydraulic behaviour and the quality of highway runoff water according to the type of pavement. **Water Research**, v. 34, n. 18, p. 4446-4454, 2000.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LA BARBERA, P. The impact of domestic rainwater harvesting systems in storm water runoff mitigation at the urban block scale. **Journal of environmental management**, v. 191, p. 297-305, 2017.

PEKKER, L. A. **Calculator for Sediment Transport in Microchannels Based on the Rouse Number**. arXiv preprint, 2017. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1712.07073>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

PIKAAR, I.; et al. Reducing sewer corrosion through integrated urban water management. **Science**, v. 345, n. 6198, p. 812-814, 2014.

PILGRIM, N.; et al. **Principles of town water supply and sanitation-Part 1: water supply**. Washington, D.C.: The World Bank, 2007.

PITT, R.; BURTON JR, G. A. **Stormwater effects handbook: A toolbox for watershed managers, scientists, and engineers**. Washington DC: CRC Press, 2001.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana – Manual de drenagem urbana – Volume VI**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre – Departamento de Esgotos Pluviais (DEP). Porto Alegre, 2005.

RIO DE JANEIRO. **Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana**. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro – Secretaria Municipal de Obras. Rio de Janeiro, 2010.

ROZOS, E.; MAKROPOULOS, C. Assessing the combined benefits of water recycling technologies by modelling the total urban water cycle. **Urban Water Journal**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2012.

RUSHFORTH, P. J.; TAIT, S. J.; SAUL, A. J. Use of a full-scale test facility to examine sewer-sediment mobility. **Water and environment journal**, v. 17, n. 1, p. 40-44, 2003.

SAFARI, M. J. S.; MOHAMMADI, M.; AB GHANI, A. Experimental Studies of Self-Cleansing Drainage System Design: A Review. **Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice**, v. 9, n. 4, p. 40, 2018.

SAKHUJA, V. S. A compilation of methods for predicting friction and sediment transport in alluvial channels. **HR Wallingford, Technical Note OD/TN 27**, 1987.

SALGADO, L. H.; MOTTA R. S. **Regulação e concorrência no Brasil: governança, incentivos e eficiência**. Ipea, 2007.

SANDOVAL, A. D. O.; BRIÃO, V. B.; FERNANDES, V. M. C.; HEMKEMEIER, A.; FRIEDRICH, M. T. Stormwater management by microfiltration and ultrafiltration treatment. **Journal of Water Process Engineering**, v.30, 2017

SÃO PAULO. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais – Aspectos tecnológicos: Diretrizes para projetos**. Prefeitura Municipal de São Paulo – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo, 2012.

SCHOLES, L. N. L.; et al. The removal of urban pollutants by constructed wetlands during wet weather. **Water Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 333-340, 1999.

SCHOLZ, M.; GRABOWIECKI, P. Review of permeable pavement systems. **Building and Environment**, v. 42, n. 11, p. 3830-3836, 2007.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (SEMA). **Plano Estadual de Recursos Hídricos – Volume 1: Diagnóstico**. Cuiabá, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (SEMA). **Mapa Hídrico de monitoramento**. Cuiabá, 2019. Disponível em: <<https://monitoramento.sema.mt.gov.br/simlam/MapaHidrico/NavegadorHidrico2.aspx>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SHAMMAA, Y.; et al. Effectiveness of dry ponds for stormwater total suspended solids removal. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 29, n. 2, p. 316-324, 2002.

SILVA, G. F. A.; OTA, J. J. Contribuição ao critério de projeto de galerias pluviais com enfoque no transporte de sedimentos. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Água desenvolvimento econômico e socioambiental, 2013, Bento Gonçalves (RS). **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). Mato Grosso: Caixa Econômica Federal, out. 2019. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

SMITH, S. K.; TAYMAN, J.; SWANSON, D. A. **State and Local Population Projections – Methodology and Analysis**. New York, Boston, Dordrecht, London and Moscow: Kluwer Academic Publishers, p. 443, 2002.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). **Portaria n. 019/2007 – Gabinete, de 15 de maio de 2007**. Estabelece as normas e procedimentos administrativos para a análise técnica de requerimentos de Outorga Prévia (OP) e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos (OD) para empreendimentos de saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial do Paraná, Curitiba, 22 de maio de 2007.

TAEBI, A.; DROSTE, R. L. Pollution loads in urban runoff and sanitary wastewater. **Science of the total environment**, v. 327, n. 1-3, p. 175-184, 2004.

TASSI, R.; et al. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 1, p. 139-154, 2014.

TAYLOR III, B. W. **Introduction to Management Science**. 12. ed., Harlow: Pearson Education Limited, 2016.

TEIXEIRA, C. A. et al. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 2, p. 135-155, 2017.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003-IDB 2003. In: **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 277-282, 2006.

TERESINA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina – Manual de drenagem**. Prefeitura Municipal de Teresina. Teresina, 2011.

THOMAS, P. R.; GREENE, G. R. Rainwater quality from different roof catchments. **Water science and technology**, v. 28, n. 3-5, p. 291-299, 1993.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed., São Paulo: Navegar, 2005.

TOMAZ, P. Método Racional. In: TOMAZ, P. **Curso de Manejo de águas pluviais**. São Paulo: 2013. p. 2-15.

TOMAZ, P. *Wetland* construída para melhoria da qualidade das águas pluviais. In: TOMAZ, P. **Curso de Manejo de águas pluviais**. São Paulo: 2019. Cap. 59, p. 1-112.

TRADING ECONOMICS. **Taxa de Juro**. Disponível em: <<https://pt.tradingeconomics.com/united-states/interest-rate>>. Acesso em: 29 nov. 2019.

TRIGUEIRO, A. Água tratada na Estação Guandu é praticamente só esgoto, afirmam especialistas. **Portal G1**, Rio de Janeiro, 22, janeiro e 2020. Seção Rio de Janeiro. Disponível em: < <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/01/22/agua-tratada-na-estacao-guandu-e-praticamente-so-esgoto-afirmam-especialistas.ghtml>>. Acesso em: 15, julho e 2020.

TROWSDALE, S. A.; SIMCOCK, R. Urban stormwater treatment using bioretention. **Journal of Hydrology**, v. 397, n. 3-4, p. 167-174, 2011.

UBA, B. N.; AGHOGHO, O. Rainwater quality from different roof catchments in the Port Harcourt district, Rivers State, Nigeria. **Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA**, v. 49, n. 5, p. 281-288, 2000.

UNIÃO EUROPEIA (UE). **Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento**. Bruxelas, 2003. Disponível em: <https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02_pt.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2019.

VARGAS, M. C.; LIMA, R. F. de. Concessões privadas de saneamento no Brasil: bom negócio para quem? **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 67-94, 2004.

VAZ, A. J. A Importância da Rede Coletora de Esgoto na Promoção da Qualidade Sócio-Ambiental. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL), 2009, Montevideo, Uruguai. **Anais...** Montevideo: EGAL – Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VON SPERLING, M. **Wastewater characteristics, treatment and disposal**. 1. ed. London: IWA, 2007.

WALSKI, T. M.; BERNARD, T. E.; HAROLD, E.; HAESTAD, M.; MERRITT, L. B.; WALKER, N.; WHITMAN, B. E. **Wastewater collection system modeling and design**. Haestad Press, Waterbury, Conn, 2007.

WANG, X.; et al. A field study to evaluate the impact of different factors on the nutrient pollutant concentrations in green roof runoff. **Water Science and Technology**, v. 68, n. 12, p. 2691-2697, 2013.

WOODS-BALLARD, B.; et al. **The SUDS Manual**. London: CIRIA, 2007.

WOODS-BALLARD, B.; et al. **The SUDS Manual**. London: CIRIA, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for drinking-water quality. In: **WHO chronicle**, v. 38, n. 4, p. 104-8, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Diarrhoea: why children are still dying and what can be done**. p. 68, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines**. World Health Organization, 2017.

WORLD BANK GROUP (WBG). **World Development Indicators**. World Bank Publications, 2017.

YAZAKI, L. F. O.; MONTENEGRO, M. H. F.; COSTA, J. da. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal**. Brasília, DF: Adasa, Unesco, 2018.

YONG, C. F. et al. Hydraulic and treatment performance of pervious pavements under variable drying and wetting regimes. **Water science and technology**, v. 64, n. 8, p. 1692-1699, 2011.

ZGHEIB, S.; MOILLERON, R.; CHEBBO, G. Priority pollutants in urban stormwater: Part 1—Case of separate storm sewers. **Water research**, v. 46, n. 20, p. 6683-6692, 2012.

ZHANG, X.; HU, M. Effectiveness of rainwater harvesting in runoff volume reduction in a planned industrial park, China. **Water resources management**, v. 28, n. 3, p. 671-682, 2014.

APÊNDICES

1. DESCRIÇÃO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE COLETORA DE ESGOTOS	324
2. ROTINA DE CÁLCULO AUTOMATIZADA DA PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS	326
3. DESCRIÇÃO PLANILHA DE MATERIAIS DE REDE COLETORA DE ESGOTOS	329
4. DESCRIÇÃO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE DE DRENAGEM	331
5. ROTINA DE CÁLCULO AUTOMATIZADA DA PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM	333
6. ROTINA DE CÁLCULO AUTOMATIZADA DA PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PARA VERIFICAÇÃO DA VELOCIDADE MÍNIMA COM TRANSPORTE EM SUSPENSÃO (Macke, 1982) E BEDLOAD (Ota e Nalluri, 2003)	336
7. VAZÕES DE ESGOTO ANUAIS PARA A REDE COLETORA	338
8. VAZÕES DE ESGOTO ANUAIS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS	339
9. EXEMPLO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS	340
10. EXEMPLO PLANILHA DE ESTIMATIVA DE MATERIAIS DA REDE COLETORA DE ESGOTOS	341
11. EXEMPLO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM SSA	342
12. EXEMPLO PLANILHA DE ESTIMATIVA DE MATERIAIS DRENAGEM SSA	343
13. EXEMPLO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM SUA	344
14. EXEMPLO PLANILHA DE ESTIMATIVA DE MATERIAIS DRENAGEM SUA	345
15. PLANILHAS DE CÁLCULO A VALOR PRESENTE PARA ESCOLHA DO TRATAMENTO PARA A ALTERNATIVA SSA	346
16. PLANILHAS DE CÁLCULO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO	349
17. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DAS TABELAS SINAPI	358
18. CUSTOS REDES COLETORAS	364
19. CONSUMO DE ENERGIA DAS ELEVATÓRIAS DE TRANSPOSIÇÃO DE BACIAS E CÁLCULO DAS VAZÕES DE ELEVATÓRIAS DE PERCOLADO	427
20. CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO A VALOR PRESENTE	429
21. ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DA PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	431

1. DESCRIÇÃO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE COLETORA DE ESGOTOS

A seguir são descritas cada coluna da planilha de dimensionamento das redes coletoras de esgotos.

Trecho	PV	Extensão (m)	Taxa de Cont. Linear (L/s.km)	Cont. do Trecho (L/s)	Vazão a Mont. (L/s)	Vazão a Jus. (L/s)
	Inicial		Inicial	Inicial	Inicial	Inicial
	Final		Final	Final	Final	Final
1	2	3	4	5	6	7

1 – Identificação do trecho

2 – Identificação dos Poços de Visita do início e final do trecho

3 – Extensão do Trecho

4 – Taxa de contribuição linear por trecho

5 – Contribuição do Trecho igual à coluna 3 multiplicado pela coluna 4

6 – Vazão de montante que contribui no início do Trecho

7 – Vazão de jusante de saída do Trecho igual a soma das colunas 5 e 6

Diâmetro	Diâmetro Interno (mm)	Declividade (m/m)	Manning (n)	Cota do Terreno (m)	Cota do Coletor (m)	Prof. Do coletor (m)
				Inicial	Inicial	Inicial
				Final	Final	Final
8	9	10	11	12	13	14

8 – Diâmetro Nominal da Tubulação

9 – Diâmetro Interno da Tubulação

10 – Declividade da tubulação igual à cota do coletor inicial menos a cota do coletor final (Coluna 13) dividido pela extensão do trecho (coluna 3)

11 – Coeficiente de rugosidade de Manning

12 – Cota inicial e final do terreno no trecho

13 – Cotas inicial e final da tubulação, calculado pela cota do terreno menos a profundidade do coletor

14 – Profundidades inicial e final do coletor

Lâmina líquida (Y/D)	Prof. da Singularidade a jusante (m)	Velocidade (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	vc (m/s)	Obs.
Inicial		Inicial	Inicial		
Final		Final	Final		
15	16	17	18	19	20

15 – Lâmina líquida calculada pela rotina de cálculo apresentada no Apêndice 2

16 – Profundidade do PV de jusante igual ao valor da Profundidade do Coletor Final (Coluna 14)

17 – Velocidade do fluxo no coletor, calculada pela vazão no coletor dividido pela área molhada calculada pela rotina de cálculo apresentada no Apêndice 2. Observa-se aqui que a vazão mínima considerada é de 1,5 L/s

18 – Tensão Trativa calculada de acordo com a equação 8 do QUADRO 3

19 – Velocidade Crítica calculada de acordo com a equação 9 do QUADRO 3

20 – Observações a serem adicionadas por trecho

2. ROTINA DE CÁLCULO AUTOMATIZADA DA PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS

Abaixo é apresentada a programação, em linguagem VBA, para o cálculo automático dos parâmetros hidráulicos, Raio Hidráulico, Área Molhada, Perímetro molhado, dos trechos de tubulações

```
Const lammax = 0.85
Const epon = 0.0001 'precisão
Const pi = 3.141592 'pi
Dim q As Single 'vazão
Dim i As Single 'declividade
Dim d As Single 'diâmetro
Dim a As Single
Dim a1 As Single
Dim a2 As Single
Dim ac As Single
Dim amax As Single 'ângulo máximo
Dim xaux As Single
Dim acos1 As Single 'ângulo auxiliar
Dim area1 As Single
Dim rh1 As Single
Dim area2 As Single
Dim rh2 As Single
Dim fmax As Single
Dim fmin As Single
Dim epi As Single
Dim sinal As Single
Dim fa As Single
Dim fab As Single
Dim lamina As Single
'Dim dp As Single
'Dim ip As Single
'Dim qp As Single
```

```
Function calculaB(dp As Single, ip As Single, qp As Single, n As Single) As Variant
```

```
i = ip
q = qp
d = dp
```

```
If q < 1.5 Then
q = 1.5
End If
```

```
q = q / 1000
```

```
'calcula de amax
xaux = 1 - (2 * lammax)
acos1 = -Atn(xaux / (Sqr(-xaux * xaux + 1))) + pi / 2
```



```
amax = 2 * acos1
```

```
a = amax
```

```
a1 = 0.0001
```

```
a2 = amax
```

```
If a1 < (pi) Then
```

```
    area1 = (a1 - Sin(a1)) * d ^ 2 / 8
```

```
    rh1 = area1 / (a1 * d / 2)
```

```
    Else
```

```
        a1 = 2 * pi - a1
```

```
        area1 = (pi * d ^ 2) / 4 - ((a1 - Sin(a1)) * d ^ 2 / 8)
```

```
        rh1 = area1 / ((pi * d) - a1 * d / 2)
```

```
End If
```

```
If a2 < (pi) Then
```

```
    area2 = (a2 - Sin(a2)) * d ^ 2 / 8
```

```
    rh2 = area2 / (a2 * d / 2)
```

```
    Else
```

```
        a2 = 2 * pi - a2
```

```
        area2 = (pi * d ^ 2) / 4 - ((a2 - Sin(a2)) * d ^ 2 / 8)
```

```
        rd2 = area2 / ((pi * d) - a2 * d / 2)
```

```
End If
```

```
fmax = q - 1 / n * area1 * rh1 ^ (2 / 3) * Sqr(i)
```

```
fmin = q - 1 / n * area2 * rh2 ^ (2 / 3) * Sqr(i)
```

```
sinal = Sgn(fmax)
```

```
a1 = 0.0001
```

```
a2 = 2 * pi
```

```
epi = a1 - a2
```

```
Do While Abs(epi) > epson
```

```
    ab = (a1 + a2) / 2
```

```
    ac = ab
```

```
    If a1 < (pi) Then
```

```
        area1 = (a1 - Sin(a1)) * d ^ 2 / 8
```

```
        rh1 = area1 / (a1 * d / 2)
```

```
        Else
```

```
            a1 = 2 * pi - a1
```

```
            area1 = (pi * d ^ 2) / 4 - ((a1 - Sin(a1)) * d ^ 2 / 8)
```

```
            rh1 = area1 / ((pi * d) - a1 * d / 2)
```

```
    End If
```

```
If ab < (pi) Then
```

```
    area2 = (ab - Sin(ab)) * d ^ 2 / 8
```

```
    rh2 = area2 / (ab * d / 2)
```

```
    Else
```

```
        ab = 2 * pi - ab
```

```
        area2 = (pi * d ^ (2)) / 4 - ((ab - Sin(ab)) * d ^ 2 / 8)
```

```

        rh2 = area2 / ((pi * d) - ab * d / 2)
End If

fa = q - 1 / n * area1 * rh1 ^ (2 / 3) * Sqr(i)
fab = q - 1 / n * area2 * rh2 ^ (2 / 3) * Sqr(i)

If Sgn(fab) = sinal Then
    a1 = ac
Else
    a2 = ac
End If
epi = (a1 - a2)
Loop

lamina = (1 - Cos(ac / 2)) / 2
lamina = Int(-lamina * 100) / 100
aux_texto = Str$(-lamina)
If -lamina < 0.85 Then
    calculaB = ac
Else
    calculaB = "conduto forçado"
End If

End Function

```

3. DESCRIÇÃO PLANILHA DE MATERIAIS DE REDE COLETORA DE ESGOTOS

A planilha foi baseada nas valas de assentamento e orientações apresentadas na norma da ABNT NBR 15645. (ABNT, 2008).

Trecho	Extensão em planta (m)	Cota do Terreno (m)	Cota do Coletor (m)	Profundidade e Geratriz Superior do coletor (m)	Diâmetro do coletor(mm)	Diâmetro EXTERNO do coletor(mm)
		Inicial	Inicial	Inicial		
		Final	Final	Final		
1	2	3	4	5	6	7

1 – Identificação do trecho

2 – Extensão do trecho

3 – Cotas do terreno inicial e final do trecho

4 – Cota do coletor inicial e final

5 – Profundidade da Geratriz superior da tubulação

6 – Diâmetro Nominal do coletor

7 – Diâmetro externo do coletor em mm

Espessura do pavimento (m) h6	Espessura de brita 2 ou 4 h0(m)	Espessura material granular fino (berço) h1a(m)	Espessura material granular fino (berço) h1b(m)	Diâmetro externo da tubulação h2(m)	Material de boa qualidade acima da GS h3(m)	Solo compactado acima da GS h4(m)
8	9	10	11	12	13	14

8 – Espessura do pavimento a ser recomposto

9 – Espessura de brita 2 ou 4 para assentamento da tubulação. Não necessário se o solo for estável. Caso necessário espessura de 0,10 m.

10 – Espessura material granular fino para assentamento. Solo estável espessura igual a 0,10 m, para solo instável valor igual a 0 devido a necessidade de brita (Coluna 9)

11 – Espessura material granular fino para assentamento. Espessura de 0,05 m para qualquer solo

12 – Diâmetro externo da tubulação em m

13 – Material de boa qualidade levemente apiloado acima da geratriz superior da tubulação. Espessura de 0,30 m.

14 – Material de boa qualidade, compactado, acima do material apiloado (Coluna 13). Espessura de 0,20 m.

Material de boa qualidade abaixo do pavimento h5(m)	Profundidade da Vala (m)	Tipo de Escoramento	Largura lateral de vala (mm)	Largura total da vala (m)	Volume de Escavação (m³)	Fator de empolamento
	Inicial		Inicial	Inicial		
	Final		Final	Final		
15	16	17	18	19	20	21

15 – Material de boa qualidade, de espessura variável, entre o pavimento e material compactado (Coluna 14)

16 – Profundidade total da vala calculado pela soma dos parâmetros da coluna 8 à coluna 16

17 – Tipo de escoramento para o assentamento da tubulação

18 – Largura lateral da vala de acordo com o tipo de escoramento

19 – Largura total da vala, considerando as laterais mais o diâmetro externo da tubulação

20 – Volume de escavação sem empolamento

21 – Fator de empolamento do solo escavado. Assumido 1,20, sendo que seu valor pode ser alterado em função de ensaios geotécnicos

Volume de Terra retirada (m³)	Fator de compactação	Volume de Terra compactada disponível para reaterro (m³)	Volume de brita 2 ou 4 para berço (m³)	Volume de areia para berço (m³)	Volume de Terra para reaterro necessário (m³)	Volume de Terra para disposição (m³)
22	23	24	25	26	27	28

22 – Volume de terra retirada considerando o empolamento

23 – Fator de compactação para a terra a ser utilizada no reaterro. Considerado o valor de 0,90, sendo que seu valor pode ser alterado em função de ensaios geotécnicos

24 – Volume de Terra, considerando o fator de compactação e que toda a terra retirada é de boa qualidade, disponível para o reaterro

25 – Volume ocupado por brita 2 ou 4

26 – Volume de areia para o berço de assentamento da tubulação

27 – Volume de de Terra para reaterro necessário, descontando-se o volume da tubulação e da areia para o berço de assentamento

28 – Volume de terra para disposição. Volume de terra disponível, sem compactação, utilizado para reaterro menos o volume de terra necessária para o reaterro.

4. DESCRIÇÃO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE DE DRENAGEM

Trecho		Cotas do Terreno (m)			Extensão (m)	Declividade do Terreno (m/m)	Áreas de Contribuição	
Montante	Jusante	Montante	Jusante	Diferença			C.A (m²)	Soma C.A (m²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1 – Poço de Visita de Montante

2 – Poço de Visita de Jusante

3 – Cota do Terreno de Montante

4 – Cota do Terreno de Jusante

5 – Diferença entre a cota do terreno de montante e de jusante

6 – Extensão do trecho

7 – Diferença de cotas (Coluna 5) dividida pela extensão (Coluna 6)

8 – Área de contribuição multiplicada pelo coeficiente de escoamento superficial do trecho

9 – Soma das áreas multiplicadas pelo coeficiente de escoamento superficial do trecho e de montante que contribuem no trecho

Tempo de Escoamento (min)			Intensidade de chuva		Vazão a Mont.	
Montante	No trecho	Jusante	(mm/h)	m/s	m³/s	L/s
10	11	12	13	14	15	16

10 – Tempo de escoamento de montante que contribui no trecho

11 – Tempo de escoamento no trecho

12 – Soma dos tempos de escoamento de montante e do trecho considerado

13 – Intensidade de chuva calculada pela equação 20 específica do local em mm/h

14 – Intensidade de chuva em m/s

15 – Vazão calculada pela equação 19 em m³/s

16 – Vazão em L/s

Diâmetro				Material	Coeficiente de Manning	Cobrimento (m)	
Nominal	Interno (mm)	Externo (mm)	Espessura (mm)			Montante	Jusante
17	18	19	20	21	22	23	24

17 – Diâmetro Nominal da tubulação

18 – Diâmetro interno da tubulação

19 – Diâmetro externo da tubulação

20 – Espessura da parede da tubulação

21 – Material da tubulação

22 – Coeficiente de Manning calculado pela equação 23

23 – Cobrimento da tubulação a montante no trecho

24 – Cobrimento da tubulação a jusante no trecho

Cota da Geratriz Inferior (m)		Cota da Geratriz Superior (m)		Diferença (m)	Declividade (m/m)
Montante	Jusante	Montante	Jusante		
25	26	27	28	29	30

25 – Cota da Geratriz inferior da tubulação a montante do trecho calculada a partir da cota do terreno a montante (coluna 3), cobertura a montante (coluna 23), diâmetro interno do tubo (coluna 18) e espessura do tubo (coluna 20)

26 – Cota da Geratriz inferior da tubulação a jusante do trecho calculada a partir da cota do terreno a jusante (coluna 4), cobertura a jusante (coluna 24), diâmetro interno do tubo (coluna 18) e espessura do tubo (coluna 20)

27 – Cota da Geratriz superior da tubulação a montante do trecho, calculada a partir da cota da geratriz inferior do tubo a montante (coluna 25), diâmetro interno do tubo (coluna 18) e espessura do tubo (coluna 20)

28 – Cota da Geratriz superior da tubulação a jusante do trecho, calculada a partir da cota da geratriz inferior do tubo a jusante (coluna 26), diâmetro interno do tubo (coluna 18) e espessura do tubo (coluna 20)

29 – Diferença entre as cotas das geratrizes inferior do tubo a montante (coluna 25) e jusante (coluna 26)

30 – Diferença entre as cotas das geratrizes inferior do tubo (coluna 29) dividido pela extensão do trecho (coluna 6)

Lâmina líquida (Y/D)	Velocidade (m/s)	Tensão Trativa (Pa)
31	32	33

31 – Lâmina líquida calculada pela rotina de cálculo apresentada no Apêndice 5

32 – Velocidade do fluxo no coletor, calculada pela vazão no coletor dividido pela área molhada calculada pela rotina de cálculo apresentada no Apêndice 5

33 – Tensão Trativa calculada de acordo com a equação 8 do QUADRO 3

Limite de escolha de cálculo (Ld)	k	MACKE	OTA
		VL	VOta
	(mm)	(m/s)	(m/s)
34	35	36	37

34 – Valor limite (número de Rouse) para determinação do tipo de transporte de sedimento ocorrendo. Calculado pela equação 16

35 – Fator de atrito do sedimento com a tubulação. 0,3 mm para PVC e 0,7 mm para demais materiais

36 – Velocidade mínima necessária quando ocorre o transporte em suspensão. Calculada pela equação 11, programada em VBA e apresentada no Apêndice 6

37 – Velocidade mínima necessária quando ocorre o transporte em *bedload*, programada em VBA e apresentada no Apêndice 6

5. ROTINA DE CÁLCULO AUTOMATIZADA DA PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM

Abaixo é apresentada a programação, em linguagem VBA, para o cálculo automático dos parâmetros hidráulicos, Raio Hidráulico, Área Molhada, Perímetro molhado, dos trechos de tubulações

```
Const lammax = 0.9999
Const epon = 0.0001 'precisão
Const pi = 3.141592 'pi
Dim q As Single 'vazão
Dim i As Single 'declividade
Dim D As Single 'diâmetro
Dim n As Single 'coeficiente de Manning
Dim a As Single
Dim a1 As Single
Dim a2 As Single
Dim ac As Single
Dim amax As Single 'angulo maximo
Dim xaux As Single
Dim acos1 As Single 'angulo auxiliar
Dim area1 As Single
Dim rh1 As Single
Dim area2 As Single
Dim rh2 As Single
Dim fmax As Single
Dim fmin As Single
Dim epi As Single
Dim sinal As Single
Dim fa As Single
Dim fab As Single
Dim lamina As Single
```

```
Function calculaB(dp As Single, ip As Single, qp As Single, np As Single) As Variant
```

```
i = ip
q = qp
D = dp
n = np
```

```
If q < 0.001 Then
q = 0.001
End If
```

```
q = q / 1000
```

```
'calcula de amax
iaux = 1 - (2 * lammax)
acos1 = -Atn(xaux / (Sqr(-iaux * iaux + 1))) + pi / 2
amax = 2 * acos1
```


a = amax

a1 = 0.0001

a2 = amax

If a1 < (pi) Then

area1 = (a1 - Sin(a1)) * D ^ 2 / 8

rh1 = area1 / (a1 * D / 2)

Else

a1 = 2 * pi - a1

area1 = (pi * D ^ 2) / 4 - ((a1 - Sin(a1)) * D ^ 2 / 8)

rh1 = area1 / ((pi * D) - a1 * D / 2)

End If

If a2 < (pi) Then

area2 = (a2 - Sin(a2)) * D ^ 2 / 8

rh2 = area2 / (a2 * D / 2)

Else

a2 = 2 * pi - a2

area2 = (pi * D ^ 2) / 4 - ((a2 - Sin(a2)) * D ^ 2 / 8)

rd2 = area2 / ((pi * D) - a2 * D / 2)

End If

fmax = q - 1 / n * area1 * rh1 ^ (2 / 3) * Sqr(i)

fmin = q - 1 / n * area2 * rh2 ^ (2 / 3) * Sqr(i)

sinal = Sgn(fmax)

a1 = 0.0001

a2 = 2 * pi

epi = a1 - a2

Do While Abs(epi) > epson

Ab = (a1 + a2) / 2

ac = Ab

If a1 < (pi) Then

area1 = (a1 - Sin(a1)) * D ^ 2 / 8

rh1 = area1 / (a1 * D / 2)

Else

a1 = 2 * pi - a1

area1 = (pi * D ^ 2) / 4 - ((a1 - Sin(a1)) * D ^ 2 / 8)

rh1 = area1 / ((pi * D) - a1 * D / 2)

End If

If Ab < (pi) Then

area2 = (Ab - Sin(Ab)) * D ^ 2 / 8

rh2 = area2 / (Ab * D / 2)

Else

Ab = 2 * pi - Ab

area2 = (pi * D ^ (2)) / 4 - ((Ab - Sin(Ab)) * D ^ 2 / 8)

rh2 = area2 / ((pi * D) - Ab * D / 2)

End If

fa = q - 1 / n * area1 * rh1 ^ (2 / 3) * Sqr(i)
fab = q - 1 / n * area2 * rh2 ^ (2 / 3) * Sqr(i)

If Sgn(fab) = sinal Then

 a1 = ac

 Else

 a2 = ac

End If

epi = (a1 - a2)

Loop

lamina = (1 - Cos(ac / 2)) / 2

lamina = Int(-lamina * 100) / 100

aux_texto = Str\$(-lamina)

If -lamina < 0.9999 Then

 calculaB = ac

 Else

 calculaB = "Não é Q máx"

End If

End Function

6. ROTINA DE CÁLCULO AUTOMATIZADA DA PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM PARA VERIFICAÇÃO DA VELOCIDADE MÍNIMA COM TRANSPORTE EM SUSPENSÃO (Macke, 1982) E BEDLOAD (Ota e Nalluri, 2003)

Abaixo é apresentada a programação, em linguagem VBA, para o cálculo automático da velocidade mínima para o transporte em suspensão e como descarga de fundo (*bedload*)

'calcula Velocidade Mínima Macke (1982)

```
Dim T As Single 'temperatura da água em graus celsius - primeiro a informar
Dim visc As Single 'viscosidade cinemática da água
Dim Ws As Single 'velocidade de sedimentação
Dim ds As Single 'tamanho da partícula em micrômetros - segundo a informar
Dim s As Single 'peso específico relativo da partícula - terceiro a informar
Dim X As Single 'concentração a ser transportada em mg/L - quarto a informar
Dim D As Single 'diâmetro interno da tubulação em mm - quinto a informar
Dim n As Single 'coeficiente de Manning - sexto a informar
Dim Am As Single 'área molhada do trecho considerado em m - sétimo a informar
Dim Ko As Single 'rugosidade efetiva da tubulação (Colebrook-White) em mm
Dim lambda As Single 'fator de atrito de Colebrook White
Dim VL As Single 'velocidade mínima em m/s
'FORNECER OS VALORES DE ((T) TEMPERATURA,(ds) DIÂMETRO DA
PARTÍCULA, (s) DENSIDADE RELATIVA DA PARTÍCULA), (X) CONCENTRAÇÃO
DE PARTÍCULAS A SEREM TRANSPORTADAS,(D) DIÂMETRO INTERNO DA
TUBULAÇÃO, (n) COEF. DE MANNING, (n) COEF. DE MANNING,(Am) ÁREA
MOLHADA DO ESCOAMENTO)

Function calculaVmacke(T As Single, ds As Single, s As Single, X As Single, D As
Single, n As Single, Am As Single)
    visc = (1.79 * (10 ^ -6)) / (1 + (0.03368 * T) + (0.000221 * (T ^ 2)))
    Ws = (((9 * (visc ^ 2)) + ((10 ^ -9) * ((ds / 1000) ^ 2) * 9.81 * (s - 1) * (0.03869 +
(0.0248 * (ds / 1000)))) ^ 0.5) - (3 * visc)) / ((10 ^ -3) * (0.11607 + (0.074405 * (ds /
1000))))
    Ko = ((n * 26) ^ 6) * 1000
    lambda = (1 / (4 * (((Log(Ko / (3.7 * D))) / Log(10)) ^ 2))) * 1.02
    VL = (((X * 1 / s) / 1000000) * 30.4 * (s - 1) * (Ws ^ 1.5) * (Am)) / (lambda ^ 3)) ^
(1 / 5)
    calculaVmacke = VL
End Function
```

'calcula Velocidade Ota

```
Dim ds As Single 'Diâmetro do sedimento em micrometros
Dim s As Single 'peso específico relativo do sedimento
Dim D As Single 'Diâmetro em mm
Dim Rhsv As Single 'Raio hidráulico a seção Plena em m
```

Dim n As Single 'coeficiente de rugosidade de Manning
 Dim Ko As Single 'coeficiente de Colebrook White em mm
 Dim K As Single 'coeficiente de rugosidade sólido/sólido
 Dim lambda As Single 'fator de atrito de Colebrook White
 Dim epon As Single 'coeficiente de majoração da tensão trativa de fundo
 Dim X As Single 'concentração de sedimentos a transportar em massa
 Dim Cv As Single 'concentração volumétrica de sedimentos a transportar em ppm
 Dim fa As Single 'auxiliar de cálculo
 Dim fb As Single 'auxiliar de cálculo
 Dim fc As Single 'auxiliar de cálculo
 Dim fd As Single 'auxiliar de cálculo
 Dim fe As Single 'auxiliar de cálculo
 Dim ff As Single 'auxiliar de cálculo
 Dim fh As Single 'auxiliar de cálculo
 'FORNECER OS VALORES DE ((s) DENSIDADE RELATIVA DA PARTÍCULA),(ds)
 DIÂMETRO DA PARTÍCULA, (X) CONCENTRAÇÃO DE PARTÍCULAS A SEREM
 TRANSPORTADAS,(D) DIÂMETRO INTERNO DA TUBULAÇÃO, (Rh) RAIOS
 HIDRÁULICO DO ESCOAMENTO,(epon) fator multiplicador para a tensão trativa
 de fundo, (n) COEF. DE MANNING, (K) COEF. DE RUGOSIDADE
 SÓLIDO/SÓLIDO)

Function Vota(s As Single, ds As Single, X As Single, D As Single, Rhsv As Single, epon As Single, n As Single, K As Single)

Ko = ((n * 26) ^ 6) * 1000 'calcula o coeficiente de rugosidade da tubulação a partir
 do n de Manning em mm
 lambda = (1 / (4 * (((Log(Ko / (3.7 * D))) / Log(10)) ^ 2))) 'calcula o fator de atrito da
 tubulação
 Cv = (X / s) / 1000000
 fa = 0.785
 fb = (epon ^ (-0.614))
 fc = Cv ^ 0.227
 fd = ((Rhsv / (ds / 1000000)) ^ 0.227)
 fe = (K / (ds / 1000)) ^ 0.409 'calcula o ângulo de atrito rugosidade/diâmetro da
 partícula
 ff = ((lambda / 8) ^ 0.5) ^ (-1.227)
 fh = ((9.81 * (s - 1) * (ds / 1000000)) ^ 0.5)
 Vota = fa * fb * fc * fd * fe * ff * fh

End Function

7. VAZÕES DE ESGOTO ANUAIS PARA A REDE COLETORA

ANO	População atendida (hab)	Q média (L/s)	Extensão de rede (m)	Qinfiltração (L/s)	Qi (L/s)	Qf (L/s)
2025	13649	18,45	54645	13,66	41,33	46,87
2026	13751	18,59	55054	13,76	41,64	47,22
2027	13854	18,73	55466	13,87	41,95	47,57
2028	13958	18,87	55882	13,97	42,27	47,93
2029	14063	19,01	56303	14,08	42,59	48,29
2030	14169	19,15	56727	14,18	42,91	48,65
2031	14275	19,29	57152	14,29	43,23	49,02
2032	14382	19,44	57580	14,39	43,55	49,38
2033	14489	19,58	58008	14,50	43,88	49,75
2034	14598	19,73	58445	14,61	44,21	50,13
2035	14708	19,88	58885	14,72	44,54	50,50
2036	14818	20,03	59326	14,83	44,87	50,88
2037	14928	20,18	59766	14,94	45,21	51,26
2038	15040	20,33	60214	15,05	45,55	51,64
2039	15153	20,48	60667	15,17	45,89	52,03
2040	15266	20,63	61119	15,28	46,23	52,42
2041	15381	20,79	61580	15,39	46,58	52,81
2042	15497	20,94	62044	15,51	46,93	53,21
2043	15612	21,10	62504	15,63	47,28	53,61
2044	15729	21,26	62973	15,74	47,63	54,01
2045	15847	21,42	63445	15,86	47,99	54,41
2046	15965	21,58	63918	15,98	48,35	54,82
2047	16085	21,74	64398	16,10	48,71	55,23
2048	16205	21,90	64879	16,22	49,07	55,64
2049	16327	22,07	65367	16,34	49,44	56,06
2050	16449	22,23	65855	16,46	49,81	56,48
2051	16573	22,40	66352	16,59	50,19	56,91
2052	16697	22,57	69763	17,44	51,29	58,06
2053	16823	22,74	69763	17,44	51,55	58,37
2054	16949	22,91	69763	17,44	51,80	58,68
2055	17077	23,08	69763	17,44	52,06	58,99

8. VAZÕES DE ESGOTO ANUAIS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS

ANO	População atendida (hab)	Qinfiltração (L/s)	VAZÃO SANITÁRIA (Qesg+Infiltração)		
			Q média (L/s)	Q máxima diária (L/s)	Q máxima horária (L/s)
2025	13649	13,66	32,11	35,80	46,87
2026	13751	13,76	32,35	36,07	47,22
2027	13854	13,87	32,59	36,34	47,57
2028	13958	13,97	32,84	36,61	47,93
2029	14063	14,08	33,08	36,88	48,29
2030	14169	14,18	33,33	37,16	48,65
2031	14275	14,29	33,58	37,44	49,02
2032	14382	14,39	33,83	37,72	49,38
2033	14489	14,50	34,09	38,00	49,75
2034	14598	14,61	34,34	38,29	50,13
2035	14708	14,72	34,60	38,58	50,50
2036	14818	14,83	34,86	38,86	50,88
2037	14928	14,94	35,12	39,15	51,26
2038	15040	15,05	35,38	39,45	51,64
2039	15153	15,17	35,65	39,74	52,03
2040	15266	15,28	35,91	40,04	52,42
2041	15381	15,39	36,18	40,34	52,81
2042	15497	15,51	36,46	40,64	53,21
2043	15612	15,63	36,73	40,95	53,61
2044	15729	15,74	37,00	41,25	54,01
2045	15847	15,86	37,28	41,56	54,41
2046	15965	15,98	37,56	41,87	54,82
2047	16085	16,10	37,84	42,19	55,23
2048	16205	16,22	38,12	42,50	55,64
2049	16327	16,34	38,41	42,82	56,06
2050	16449	16,46	38,70	43,14	56,48
2051	16573	16,59	38,99	43,47	56,91
2052	16697	17,44	40,01	44,52	58,06
2053	16823	17,44	40,18	44,73	58,37
2054	16949	17,44	40,35	44,93	58,68
2055	17077	17,44	40,52	45,14	58,99

9. EXEMPLO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTOS

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE ESGOTOS													
Trecho	PV	Extenção (m)		Taxa de Cont. Linear (L/s.km)		Cota. do Trecho (L/N)		Vazão e Mont. (L/s)		Diâmetro (mm)		Ondulação (mm)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Métrica (m)	Prof. do Colôar (m)	Cota. do Trecho (m)	Prof. do Colôar (m)
								Inicial	Final				
Tr-1	PV-170			0,35249	0,00000	0,04378	0,04378			100,00		105,00	0,00920
	PV-171			0,04511	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-172			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-173			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-174			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
Tr-2	PV-175			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247			100,00		105,00	0,00920
	PV-176			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-177			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-178			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-179			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
Tr-3	PV-180			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247			100,00		105,00	0,00920
	PV-181			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-182			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-183			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-184			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
Tr-4	PV-185			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247			100,00		105,00	0,00920
	PV-186			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-187			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-188			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-189			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
Tr-5	PV-190			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247			100,00		105,00	0,00920
	PV-191			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-192			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-193			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-194			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
Tr-6	PV-195			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247			100,00		105,00	0,00920
	PV-196			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-197			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247					213,20	0,30
	PV-198			0,35249	0,00000	0,05247	0,05247				</		

10. EXEMPLO PLANILHA DE ESTIMATIVA DE MATERIAIS DA REDE COLETORA DE ESGOTOS

[illegible]

11. EXEMPLO PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM SSA

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DRENAGEM

PROJETO: SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									
Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000										Linha 00000									

12. EXEMPLO PLANILHA DE ESTIMATIVA DE MATERIAIS DRENAGEM SSA

PLANILHA DE CÁLCULO DE MATERIAIS

PROJETO: SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO

Tabela de Materiais										Tabela de Custos										Tabela de Resultados										Tabela de Fluxo de Caixa										Tabela de Indicadores										Tabela de Anexos										Tabela de Referências										Tabela de Histórico										Tabela de Configurações										Tabela de Logs										Tabela de Backup										Tabela de Restauração										Tabela de Atualização										Tabela de Segurança										Tabela de Monitoramento										Tabela de Alertas										Tabela de Relatórios										Tabela de Impressão										Tabela de Exportação										Tabela de Importação										Tabela de Integração										Tabela de Sincronização										Tabela de Backup Remoto										Tabela de Restauração Remota										Tabela de Atualização Remota										Tabela de Segurança Remota										Tabela de Monitoramento Remoto										Tabela de Alertas Remotos										Tabela de Relatórios Remotos										Tabela de Impressão Remota										Tabela de Exportação Remota										Tabela de Importação Remota										Tabela de Integração Remota										Tabela de Sincronização Remota										Tabela de Backup Remoto Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Atualização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Segurança Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Monitoramento Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Alertas Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Relatórios Remotos Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados Avançados										Tabela de Impressão Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Exportação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Importação Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Integração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Sincronização Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										Tabela de Backup Remoto Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado Avançado										Tabela de Restauração Remota Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada Avançada										T									
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PLANO DE CÁLCULO DE REDE DRENAGEM

PROJETO: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS

UNIVERSAL

Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS										Plano de Cálculo de Rede Drenagem										Sistema Único Alternativo Sem SUDS										Sistema Único Alternativo Sem SUDS									
Projeto: CENÁRIO 02 - SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS																																							

14. EXEMPLO PLANILHA DE ESTIMATIVA DE MATERIAIS DRENAGEM SUA

SISTEMA NOBRES														
Sub-base: TODAS														
Trincho	Extensão em planilha (m)		Cota de Terreno (m)		Cota de Caldeira Superior (m)		Profundidade Gerente Superior do coletor (m)		Difetetro do coletor (mm)	Difetetro do sistema (mm)	Tipo de solo	Espessura do pavimento (m)	Espessura material granular fino (perp) 114 (m)	Espessura material granular fino (perp) 114 (m)
	Montante	Juante	Montante	Juante	Montante	Juante	Montante	Juante						
PVE-1	26,00	258,00	235,21	234,90	254,31	0,90	0,90	0,90	500,00	630,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-2	98,00	238,49	235,21	237,59	254,31	0,90	0,90	0,90	100,00	110,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-3	71,50	235,25	233,44	234,35	252,54	0,90	0,90	0,90	500,00	630,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-4	99,40	235,24	233,44	234,44	252,54	0,90	0,90	0,90	100,00	110,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-5	103,00	233,44	230,19	232,54	252,59	0,90	0,90	0,90	500,00	630,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-6	103,00	233,44	230,19	232,54	252,59	0,90	0,90	0,90	100,00	110,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-7	73,00	250,19	230,00	232,59	252,10	0,90	0,90	0,90	600,00	740,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-8	73,00	250,19	230,00	232,59	252,10	0,90	0,90	0,90	100,00	110,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-9	71,00	227,65	230,00	232,59	252,10	0,90	0,90	0,90	600,00	740,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-10	71,00	227,65	230,00	232,59	252,10	0,90	0,90	0,90	100,00	110,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-11	71,00	227,65	230,00	232,59	252,10	0,90	0,90	0,90	600,00	740,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-12	71,00	227,65	230,00	232,59	252,10	0,90	0,90	0,90	100,00	110,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-13	101,00	231,46	231,64	231,64	231,64	1,04	1,04	1,04	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-14	101,00	231,46	231,64	231,64	231,64	1,04	1,04	1,04	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-15	101,00	231,46	231,64	231,64	231,64	1,04	1,04	1,04	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-16	101,00	231,46	231,64	231,64	231,64	1,04	1,04	1,04	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,11	0,11
PVE-17	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-18	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-19	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-20	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-21	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-22	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-23	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-24	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-25	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-26	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-27	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-28	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-29	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-30	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-31	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-32	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-33	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-34	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-35	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-36	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-37	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-38	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-39	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-40	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-41	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-42	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-43	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10
PVE-44	76,00	231,77	231,77	231,77	231,77	2,30	2,30	2,30	100,00	100,00	SOLO ESTÁVEL	0,05	0,10	0,10

PLANILHA DE CÁLCULO DE MATERIAIS

PROJETO: SISTEMA ÚNICO ALTERNATIVO SEM SUDS

15. PLANILHAS DE CÁLCULO A VALOR PRESENTE PARA ESCOLHA DO TRATAMENTO PARA A ALTERNATIVA SSA

CENÁRIO 01

ANO	CENÁRIO 01 - IMPLANTAÇÃO TOTAL E AQUISIÇÃO DO TERRENO TOTAL					
	UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA			UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO		
	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE
0	R\$ 4.306.005,43	R\$ 310.538,18	R\$ 4.616.543,61	R\$ 4.135.240,43	R\$ 362.294,54	R\$ 4.497.534,97
1		R\$ 310.538,18	R\$ 290.222,60		R\$ 362.294,54	R\$ 338.593,03
2		R\$ 310.538,18	R\$ 271.236,07		R\$ 362.294,54	R\$ 316.442,08
3		R\$ 310.538,18	R\$ 253.491,66		R\$ 362.294,54	R\$ 295.740,27
4		R\$ 310.538,18	R\$ 236.908,09		R\$ 362.294,54	R\$ 276.392,77
5		R\$ 310.538,18	R\$ 221.409,43		R\$ 362.294,54	R\$ 258.311,00
6		R\$ 310.538,18	R\$ 206.924,70		R\$ 362.294,54	R\$ 241.412,15
7		R\$ 310.538,18	R\$ 193.387,57		R\$ 362.294,54	R\$ 225.618,83
8		R\$ 310.538,18	R\$ 180.736,05		R\$ 362.294,54	R\$ 210.858,72
9		R\$ 310.538,18	R\$ 168.912,19		R\$ 362.294,54	R\$ 197.064,23
10		R\$ 310.538,18	R\$ 157.861,86		R\$ 362.294,54	R\$ 184.172,17
11		R\$ 310.538,18	R\$ 147.534,45		R\$ 362.294,54	R\$ 172.123,53
12		R\$ 310.538,18	R\$ 137.882,67		R\$ 362.294,54	R\$ 160.863,11
13		R\$ 310.538,18	R\$ 128.862,30		R\$ 362.294,54	R\$ 150.339,35
14		R\$ 310.538,18	R\$ 120.432,06		R\$ 362.294,54	R\$ 140.504,07
15		R\$ 310.538,18	R\$ 112.553,33		R\$ 362.294,54	R\$ 131.312,21
16		R\$ 310.538,18	R\$ 105.190,03		R\$ 362.294,54	R\$ 122.721,70
17		R\$ 310.538,18	R\$ 98.308,43		R\$ 362.294,54	R\$ 114.693,17
18		R\$ 310.538,18	R\$ 91.877,04		R\$ 362.294,54	R\$ 107.189,88
19		R\$ 310.538,18	R\$ 85.866,39		R\$ 362.294,54	R\$ 100.177,46
20		R\$ 310.538,18	R\$ 80.248,97		R\$ 362.294,54	R\$ 93.623,79
21		R\$ 310.538,18	R\$ 74.999,03		R\$ 362.294,54	R\$ 87.498,87
22		R\$ 310.538,18	R\$ 70.092,56		R\$ 362.294,54	R\$ 81.774,65
23		R\$ 310.538,18	R\$ 65.507,06		R\$ 362.294,54	R\$ 76.424,90
24		R\$ 310.538,18	R\$ 61.221,55		R\$ 362.294,54	R\$ 71.425,14
25		R\$ 310.538,18	R\$ 57.216,40		R\$ 362.294,54	R\$ 66.752,47
26		R\$ 310.538,18	R\$ 53.473,27		R\$ 362.294,54	R\$ 62.385,49
27		R\$ 310.538,18	R\$ 49.975,02		R\$ 362.294,54	R\$ 58.304,19
28		R\$ 310.538,18	R\$ 46.705,63		R\$ 362.294,54	R\$ 54.489,90
29		R\$ 310.538,18	R\$ 43.650,12		R\$ 362.294,54	R\$ 50.925,14
30		R\$ 310.538,18	R\$ 40.794,51		R\$ 362.294,54	R\$ 47.593,59
			R\$ 8.470.024,67			R\$ 8.993.262,87

CENÁRIO 2

ANO	CENÁRIO 02 - IMPLANTAÇÃO PARCIAL EM 2 ETAPAS E AQUISIÇÃO DO TERRENO TOTAL					
	UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA			UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO		
	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE
0	R\$ 2.494.532,71	R\$ 155.269,09	R\$ 2.649.801,80	R\$ 2.323.767,71	R\$ 181.147,27	R\$ 2.504.914,99
1		R\$ 155.269,09	R\$ 145.111,30		R\$ 181.147,27	R\$ 169.296,52
2		R\$ 155.269,09	R\$ 135.618,04		R\$ 181.147,27	R\$ 158.221,04
3		R\$ 155.269,09	R\$ 126.745,83		R\$ 181.147,27	R\$ 147.870,13
4		R\$ 155.269,09	R\$ 118.454,05		R\$ 181.147,27	R\$ 138.196,39
5		R\$ 155.269,09	R\$ 110.704,72		R\$ 181.147,27	R\$ 129.155,50
6		R\$ 155.269,09	R\$ 103.462,35		R\$ 181.147,27	R\$ 120.706,08
7		R\$ 155.269,09	R\$ 96.693,79		R\$ 181.147,27	R\$ 112.809,42
8		R\$ 155.269,09	R\$ 90.368,02		R\$ 181.147,27	R\$ 105.429,36
9		R\$ 155.269,09	R\$ 84.456,10		R\$ 181.147,27	R\$ 98.532,11
10		R\$ 155.269,09	R\$ 78.930,93		R\$ 181.147,27	R\$ 92.086,09
11		R\$ 155.269,09	R\$ 73.767,23		R\$ 181.147,27	R\$ 86.061,76
12		R\$ 155.269,09	R\$ 68.941,33		R\$ 181.147,27	R\$ 80.431,55
13		R\$ 155.269,09	R\$ 64.431,15		R\$ 181.147,27	R\$ 75.169,68

ANO	CENÁRIO 02 - IMPLANTAÇÃO PARCIAL EM 2 ETAPAS E AQUISIÇÃO DO TERRENO TOTAL					
	UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA			UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO		
	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE
14		R\$ 155.269,09	R\$ 60.216,03		R\$ 181.147,27	R\$ 70.252,04
15	R\$ 1.811.472,71	R\$ 310.538,18	R\$ 769.114,40	R\$ 1.811.472,71	R\$ 362.294,54	R\$ 787.873,29
16		R\$ 310.538,18	R\$ 105.190,03		R\$ 362.294,54	R\$ 122.721,70
17		R\$ 310.538,18	R\$ 98.308,43		R\$ 362.294,54	R\$ 114.693,17
18		R\$ 310.538,18	R\$ 91.877,04		R\$ 362.294,54	R\$ 107.189,88
19		R\$ 310.538,18	R\$ 85.866,39		R\$ 362.294,54	R\$ 100.177,46
20		R\$ 310.538,18	R\$ 80.248,97		R\$ 362.294,54	R\$ 93.623,79
21		R\$ 310.538,18	R\$ 74.999,03		R\$ 362.294,54	R\$ 87.498,87
22		R\$ 310.538,18	R\$ 70.092,56		R\$ 362.294,54	R\$ 81.774,65
23		R\$ 310.538,18	R\$ 65.507,06		R\$ 362.294,54	R\$ 76.424,90
24		R\$ 310.538,18	R\$ 61.221,55		R\$ 362.294,54	R\$ 71.425,14
25		R\$ 310.538,18	R\$ 57.216,40		R\$ 362.294,54	R\$ 66.752,47
26		R\$ 310.538,18	R\$ 53.473,27		R\$ 362.294,54	R\$ 62.385,49
27		R\$ 310.538,18	R\$ 49.975,02		R\$ 362.294,54	R\$ 58.304,19
28		R\$ 310.538,18	R\$ 46.705,63		R\$ 362.294,54	R\$ 54.489,90
29		R\$ 310.538,18	R\$ 43.650,12		R\$ 362.294,54	R\$ 50.925,14
30		R\$ 310.538,18	R\$ 40.794,51		R\$ 362.294,54	R\$ 47.593,59
			R\$ 5.801.943,08			R\$ 6.072.986,30

CENÁRIO 3

ANO	CENÁRIO 03 - IMPLANTAÇÃO PARCIAL EM 3 ETAPAS E AQUISIÇÃO DO TERRENO TOTAL					
	UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA			UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO		
	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE
0	R\$ 1.890.708,48	R\$ 103.512,73	R\$ 1.994.221,20	R\$ 1.719.943,48	R\$ 120.764,85	R\$ 1.840.708,32
1		R\$ 103.512,73	R\$ 96.740,87		R\$ 120.764,85	R\$ 112.864,34
2		R\$ 103.512,73	R\$ 90.412,02		R\$ 120.764,85	R\$ 105.480,69
3		R\$ 103.512,73	R\$ 84.497,22		R\$ 120.764,85	R\$ 98.580,09
4		R\$ 103.512,73	R\$ 78.969,36		R\$ 120.764,85	R\$ 92.130,92
5		R\$ 103.512,73	R\$ 73.803,14		R\$ 120.764,85	R\$ 86.103,67
6		R\$ 103.512,73	R\$ 68.974,90		R\$ 120.764,85	R\$ 80.470,72
7		R\$ 103.512,73	R\$ 64.462,52		R\$ 120.764,85	R\$ 75.206,28
8		R\$ 103.512,73	R\$ 60.245,35		R\$ 120.764,85	R\$ 70.286,24
9		R\$ 103.512,73	R\$ 56.304,06		R\$ 120.764,85	R\$ 65.688,08
10	R\$ 1.207.648,48	R\$ 207.025,45	R\$ 719.148,49	R\$ 1.207.648,48	R\$ 241.529,70	R\$ 736.688,70
11		R\$ 207.025,45	R\$ 98.356,30		R\$ 241.529,70	R\$ 114.749,02
12		R\$ 207.025,45	R\$ 91.921,78		R\$ 241.529,70	R\$ 107.242,07
13		R\$ 207.025,45	R\$ 85.908,20		R\$ 241.529,70	R\$ 100.226,24
14		R\$ 207.025,45	R\$ 80.288,04		R\$ 241.529,70	R\$ 93.669,38
15		R\$ 207.025,45	R\$ 75.035,55		R\$ 241.529,70	R\$ 87.541,48
16		R\$ 207.025,45	R\$ 70.126,68		R\$ 241.529,70	R\$ 81.814,46
17		R\$ 207.025,45	R\$ 65.538,96		R\$ 241.529,70	R\$ 76.462,12
18		R\$ 207.025,45	R\$ 61.251,36		R\$ 241.529,70	R\$ 71.459,92
19		R\$ 207.025,45	R\$ 57.244,26		R\$ 241.529,70	R\$ 66.784,97
20	R\$ 1.207.648,48	R\$ 310.538,18	R\$ 392.328,28	R\$ 1.207.648,48	R\$ 362.294,54	R\$ 405.703,11
21		R\$ 310.538,18	R\$ 74.999,03		R\$ 362.294,54	R\$ 87.498,87
22		R\$ 310.538,18	R\$ 70.092,56		R\$ 362.294,54	R\$ 81.774,65
23		R\$ 310.538,18	R\$ 65.507,06		R\$ 362.294,54	R\$ 76.424,90
24		R\$ 310.538,18	R\$ 61.221,55		R\$ 362.294,54	R\$ 71.425,14
25		R\$ 310.538,18	R\$ 57.216,40		R\$ 362.294,54	R\$ 66.752,47
26		R\$ 310.538,18	R\$ 53.473,27		R\$ 362.294,54	R\$ 62.385,49
27		R\$ 310.538,18	R\$ 49.975,02		R\$ 362.294,54	R\$ 58.304,19
28		R\$ 310.538,18	R\$ 46.705,63		R\$ 362.294,54	R\$ 54.489,90
29		R\$ 310.538,18	R\$ 43.650,12		R\$ 362.294,54	R\$ 50.925,14
30		R\$ 310.538,18	R\$ 40.794,51		R\$ 362.294,54	R\$ 47.593,59
			R\$ 5.029.413,73			R\$ 5.227.435,17

CENÁRIO 4

ANO	CENÁRIO 04 - IMPLANTAÇÃO PARCIAL EM 5 ETAPAS E AQUISIÇÃO DO TERRENO TOTAL					
	UASB + FILTRO PERCOLADOR DE ALTA TAXA			UASB + FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO		
	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE	IMPLANTAÇÃO E AQUISIÇÃO DE TERRENO	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO A VALOR PRESENTE
0	R\$ 1.407.649,09	R\$ 62.107,64	R\$ 1.469.756,72	R\$ 1.236.884,09	R\$ 72.458,91	R\$ 1.309.342,99
1		R\$ 62.107,64	R\$ 58.044,52		R\$ 72.458,91	R\$ 67.718,61
2		R\$ 62.107,64	R\$ 54.247,21		R\$ 72.458,91	R\$ 63.288,42
3		R\$ 62.107,64	R\$ 50.698,33		R\$ 72.458,91	R\$ 59.148,05
4		R\$ 62.107,64	R\$ 47.381,62		R\$ 72.458,91	R\$ 55.278,55
5		R\$ 62.107,64	R\$ 44.281,89		R\$ 72.458,91	R\$ 51.662,20
6	R\$ 724.589,09	R\$ 124.215,27	R\$ 565.594,18	R\$ 724.589,09	R\$ 144.917,82	R\$ 579.389,16
7		R\$ 124.215,27	R\$ 77.355,03		R\$ 144.917,82	R\$ 90.247,53
8		R\$ 124.215,27	R\$ 72.294,42		R\$ 144.917,82	R\$ 84.343,49
9		R\$ 124.215,27	R\$ 67.564,88		R\$ 144.917,82	R\$ 78.825,69
10		R\$ 124.215,27	R\$ 63.144,75		R\$ 144.917,82	R\$ 73.668,87
11		R\$ 124.215,27	R\$ 59.013,78		R\$ 144.917,82	R\$ 68.849,41
12	R\$ 724.589,09	R\$ 186.322,91	R\$ 404.455,82	R\$ 724.589,09	R\$ 217.376,73	R\$ 418.244,09
13		R\$ 186.322,91	R\$ 77.317,38		R\$ 217.376,73	R\$ 90.203,61
14		R\$ 186.322,91	R\$ 72.259,24		R\$ 217.376,73	R\$ 84.302,44
15		R\$ 186.322,91	R\$ 67.532,00		R\$ 217.376,73	R\$ 78.787,33
16		R\$ 186.322,91	R\$ 63.114,02		R\$ 217.376,73	R\$ 73.633,02
17		R\$ 186.322,91	R\$ 58.985,06		R\$ 217.376,73	R\$ 68.815,90
18	R\$ 724.589,09	R\$ 248.430,54	R\$ 287.881,40	R\$ 724.589,09	R\$ 289.835,63	R\$ 300.131,67
19		R\$ 248.430,54	R\$ 68.693,12		R\$ 289.835,63	R\$ 80.141,97
20		R\$ 248.430,54	R\$ 64.199,17		R\$ 289.835,63	R\$ 74.899,04
21		R\$ 248.430,54	R\$ 59.999,23		R\$ 289.835,63	R\$ 69.999,10
22		R\$ 248.430,54	R\$ 56.074,04		R\$ 289.835,63	R\$ 65.419,72
23		R\$ 248.430,54	R\$ 52.405,65		R\$ 289.835,63	R\$ 61.139,92
24	R\$ 724.589,09	R\$ 310.538,18	R\$ 204.071,84	R\$ 724.589,09	R\$ 362.294,54	R\$ 214.275,43
25		R\$ 310.538,18	R\$ 57.216,40		R\$ 362.294,54	R\$ 66.752,47
26		R\$ 310.538,18	R\$ 53.473,27		R\$ 362.294,54	R\$ 62.385,49
27		R\$ 310.538,18	R\$ 49.975,02		R\$ 362.294,54	R\$ 58.304,19
28		R\$ 310.538,18	R\$ 46.705,63		R\$ 362.294,54	R\$ 54.489,90
29		R\$ 310.538,18	R\$ 43.650,12		R\$ 362.294,54	R\$ 50.925,14
30		R\$ 310.538,18	R\$ 40.794,51		R\$ 362.294,54	R\$ 47.593,59
			R\$ 4.458.180,24			R\$ 4.602.207,01

16. PLANILHAS DE CÁLCULO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

BACIA A – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	568334,21
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	2011
Área Superficial da Trincheira (m²)	1005
Volume total da Trincheira (m³)	302

BACIA A – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	137283,65
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	736
Área Superficial da Trincheira (m²)	368
Volume total da Trincheira (m³)	110

BACIA B – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	875192,98
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	3096
Área Superficial da Trincheira (m²)	1548
Volume total da Trincheira (m³)	464

BACIA B – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	232972,83
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	1249
Área Superficial da Trincheira (m²)	624
Volume total da Trincheira (m³)	187

BACIA C – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	203127,67
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	719
Área Superficial da Trincheira (m²)	359
Volume total da Trincheira (m³)	108

BACIA C – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	58158,25
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	312
Área Superficial da Trincheira (m²)	156
Volume total da Trincheira (m³)	47

BACIA D – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	53799,88
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	190
Área Superficial da Trincheira (m²)	95
Volume total da Trincheira (m³)	29

BACIA D – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	21510,1
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	115
Área Superficial da Trincheira (m²)	58
Volume total da Trincheira (m³)	17

BACIA E – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	171690,05
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	607
Área Superficial da Trincheira (m²)	304
Volume total da Trincheira (m³)	91

BACIA E – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	71631,57
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	384
Área Superficial da Trincheira (m²)	192
Volume total da Trincheira (m³)	58

BACIA F – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a \cdot T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	161933,61
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	573
Área Superficial da Trincheira (m²)	286
Volume total da Trincheira (m³)	86

BACIA F – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a \cdot T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	38897,42
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	208
Área Superficial da Trincheira (m²)	104
Volume total da Trincheira (m³)	31

BACIA G – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	197572,82
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	699
Área Superficial da Trincheira (m²)	349
Volume total da Trincheira (m³)	105

BACIA G – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	50490,36
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	271
Área Superficial da Trincheira (m²)	135
Volume total da Trincheira (m³)	41

BACIA H – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	473870,36
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	1676
Área Superficial da Trincheira (m²)	838
Volume total da Trincheira (m³)	251

BACIA H – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	219124,15
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	1174
Área Superficial da Trincheira (m²)	587
Volume total da Trincheira (m³)	176

BACIA I – C=0,6

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,6
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	182567,86
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	646
Área Superficial da Trincheira (m²)	323
Volume total da Trincheira (m³)	97

BACIA I – C=0,9

Parâmetros IDF		$i = \frac{a.T_r^b}{(t_d + c)^e}$	Coeficiente C	
a	957,14		Após Urbanização	0,9
b	0,1375		Antes da Urbanização	0,3
c	9,7854		Área de drenagem (m²)	49800,04
e	0,7242		Tempo de Concentração (Tc) (min)	5

Dados do solo	
Porcentagem de Argila	70%
Porcentagem de silte	20%
Porcentagem de areia	10%
Classe de textura	Argila ou muito argilosa
f (m/hr)	0,000508

Porosidade do recheio	Valor
Recheio selecionado	Seixo Rolado
Porosidade do recheio (Vr)	15%

Tempo de Recorrência requerido (Anos)	5
Duração da chuva considerada (min)	30
Largura da Trincheira (m)	0,50
Profundidade útil da Trincheira (m)	0,150
Bordo Livre (m)	0,150
Profundidade da Trincheira (m)	0,300
Largura da Trincheira (m)	0,500
Comprimento da Trincheira (m)	267
Área Superficial da Trincheira (m²)	133
Volume total da Trincheira (m³)	40

17. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DAS TABELAS SINAPI

a) Escavação, Aterro e Areia para SSA Rede de esgotos e Linhas de recalque

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	R\$/m³
90082	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M3), LARG. DE 1,5 M A 2,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	m³	7,24
94304	ATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO ARGILLO-ARENOSO. AF_05/2016	m³	24,53
72888	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE AREIA, BRITA, PEDRA DE MAO E SOLOS COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3 (DESCARGA LIVRE)	m³	0,85
97914	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 6 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM)	m³	24,00
368	AREIA PARA ATERRO - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	42,37

b) Escavação, Aterro e Areia para SSA e SUA para rede de drenagem e rede combinada

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	R\$/m³
90085	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M3/111 HP), LARG. DE 1,5 M A 2,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	m³	7,13
94306	ATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, COM SOLO ARGILLO-ARENOSO. AF_05/2016	m³	19,12
72888	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE AREIA, BRITA, PEDRA DE MAO E SOLOS COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3 (DESCARGA LIVRE)	m³	0,85
97914	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 6 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM)	m³	24,00
368	AREIA PARA ATERRO - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	42,37

c) Poços de visita

DN (*)	PROF MÁXIMA (m)	CÓDIGO	COMPOSIÇÃO	UN	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	CUSTO POR METRO (**)
400	1,5	97976	POÇO DE INSPEÇÃO CIRCULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M, PROFUNDIDADE = 1 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 850,77	R\$ 1.229,51	R\$ 819,67
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		
600	5	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	M	R\$ 201,96	R\$ 3.144,58	R\$ 628,92
		99278	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,8 M. AF_05/2018	M	R\$ 306,23		
		98414	BASE PARA POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018_P	UN	R\$ 931,75		
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		

DN (*)	PROF MÁXIMA (m)	CÓDIGO	COMPOSIÇÃO	UN	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	CUSTO POR METRO (**)
800	5	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	M	R\$ 201,96	R\$ 3.462,83	R\$ 692,57
		99288	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1 M. AF_05/2018	M	R\$ 369,88		
		98414	BASE PARA POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018_P	UN	R\$ 931,75		
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		
1000	5	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	M	R\$ 201,96	R\$ 5.089,11	R\$ 1.017,82
		97987	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,2 M. AF_05/2018	M	R\$ 421,46		
		97988	BASE PARA POÇO DE VISITA CIRCULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIÂMETRO INTERNO = 1,2 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 2.300,13		
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		
1300	5	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	M	R\$ 201,96	R\$ 10.904,34	R\$ 2.180,87
		98009	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 1,5X1,5 M. AF_05/2018	M	R\$ 1.437,03		
		99290	BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA DRENAGEM, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 1,5X1,5 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 3.037,51		
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		
1800	5	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	M	R\$ 201,96	R\$ 14.623,86	R\$ 2.924,77
		98021	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 2X2 M. AF_05/2018	M	R\$ 1.872,07		
		98020	BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 2X2 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 4.581,83		
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		

DN (*)	PROF MÁXIMA (m)	CÓDIGO	COMPOSIÇÃO	UN	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	CUSTO POR METRO (**)
2300	5	97976	POÇO DE INSPEÇÃO CIRCULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M, PROFUNDIDADE = 1 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 850,77	R\$ 19.414,46	R\$ 3.882,89
		98031	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 2,5X2,5 M. AF_05/2018	M	R\$ 2.285,58		
		98030	BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 2,5X2,5 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 6.331,66		
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		
2800	5	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	M	R\$ 201,96	R\$ 22.586,74	R\$ 4.517,35
		98039	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 3X3 M. AF_05/2018	M	R\$ 2.699,02		
		98038	BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 3X3 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 8.409,96		
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		
3300	5	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	M	R\$ 201,96	R\$ 27.025,67	R\$ 5.405,13
		98045	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 3,5X3,5 M. AF_05/2018	M	R\$ 3.112,55		
		98044	BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 3,5X3,5 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 10.781,24		
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		
3900	5	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	M	R\$ 201,96	R\$ 31.511,76	R\$ 6.302,35
		98049	ACRÉSCIMO PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 4X4 M. AF_05/2018	UN	R\$ 3.476,18		
		98048	BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA ESGOTO, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 4X4 M, PROFUNDIDADE = 1,45 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF_05/2018	UN	R\$ 13.449,18		

DN (*)	PROF MÁXIMA (m)	CÓDIGO	COMPOSIÇÃO	UN	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	CUSTO POR METRO (**)
		98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UN	R\$ 378,74		

Notas:

(*) DN – Diâmetro nominal máximo a ser conectado no PV

(**) Custo por metro de profundidade igual ao custo total da composição dividido pela profundidade máxima

d) Tubulações em PVC

DN	CÓDIGOS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	R\$/m
100	90709	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	24,38
150	90710	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	48,73
200	90711	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 200 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	71,47
250	90712	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 250 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	119,03
300	90713	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 300 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	189,50
350	90714	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 350 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	233,82
400	90715	TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 400 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_06/2015	M	309,01

e) Tubulações em CONCRETO

DN	CÓDIGOS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	R\$/m
300	95566	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	100,39
400	92219	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	113,96
500	92220	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	146,28
600	92221	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	186,60
700	92222	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 700 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	247,00
800	92223	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 800 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	281,51
900	92224	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 900 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	339,79
1000	92226	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1000 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	380,57
1200	92829	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1200 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	520,59
1500	92831	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	753,56

f) Linhas de recalque

CÓDIGOS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	R\$/m
97121	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PBA PARA REDE DE ÁGUA, DN 50 MM, JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_11/2017	M	1,51
97127	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC DEFOFO OU PRFV OU RPVC PARA REDE DE ÁGUA, DN 150 MM, JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_11/2017	M	3,82
9828	TUBO PVC DEFOFO, JEI, 1 MPA, DN 150 MM, PARA REDE DE ÁGUA (NBR 7665)	M	96,10
36375	TUBO PVC PBA JEI, CLASSE 15, DN 50 MM, PARA REDE DE ÁGUA (NBR 5647)	M	15,65

g) Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	R\$
98052	TANQUE SÉPTICO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 1,10 M, ALTURA INTERNA = 2,50 M, VOLUME ÚTIL: 2138,2 L (PARA 5 CONTRIBUINTE). AF_05/2018	UN	1.247,66
98072	FILTRO ANAERÓBIO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIMENSÕES INTERNAS: 0,8 X 1,2 X 1,67 M, VOLUME ÚTIL: 1152 L (PARA 5 CONTRIBUINTE). AF_05/2018	UN	3.125,15

h) Trincheira de Infiltração

CÓDIGO	VALA DE INFILTRAÇÃO, LARGURA 0,50 M	UD	QTDE.	C. UNIT	R\$/M
90082	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M3), LARG. DE 1,5 M A 2,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA	M³	0,4300	R\$ 7,24	3,11
96995	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE	M³	0,2275	R\$ 38,47	8,75
72888	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE AREIA, BRITA, PEDRA DE MAO E SOLOS COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3 (DESCARGA LIVRE)	M³	0,5572	R\$ 0,85	0,47
97914	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 6 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM)	M³ X KM	11,1430	R\$ 1,20	13,37
90103	ASSENTAMENTO TUBULAÇÃO DE PVC JE / JEI PARA ÁGUA - DN100	M	1,0000	R\$ 3,50	3,50
4723	PEDRA BRITADA N. 4 (50 A 76 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M³	0,2472	R\$ 73,34	18,13
9833	TUBO PVC, FLEXIVEL, CORRUGADO, PERFURADO, DN 110 MM, PARA DRENAGEM, SISTEMA IRRIGACAO	M	1,0000	R\$ 9,94	9,94
COTAÇÃO	PAPEL ALCATROADO	M²	0,7000	R\$ 6,70	4,69

i) Transporte de Lodo

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	R\$
37755	CAMINHAO TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 22000 KG, CARGA UTIL MAXIMA 15350 KG, DISTANCIA ENTRE EIXOS 5,17 M, POTENCIA 238 CV (INCLUI CABINE E CHASSI, NAO INCLUI CARROCERIA)	UN	294.050,63
37768	LIMPADORA A SUCCAO, TANQUE 12000 L, BASCULAMENTO HIDRAULICO, BOMBA 12 M3/MIN 95% VACUO (INCLUI MONTAGEM, NAO INCLUI CAMINHAO)	UN	98.500,00

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	R\$
37755	CAMINHAO TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 22000 KG, CARGA UTIL MAXIMA 15350 KG, DISTANCIA ENTRE EIXOS 5,17 M, POTENCIA 238 CV (INCLUI CABINE E CHASSI, NAO INCLUI CARROCERIA)	UN	294.050,63
37734	CACAMBA METALICA BASCULANTE COM CAPACIDADE DE 10 M3 (INCLUI MONTAGEM, NAO INCLUI CAMINHAO)	UN	40.756,99

37519	MINICARREGADEIRA SOBRE RODAS, POTENCIA LIQUIDA DE *72* HP, CAPACIDADE NOMINAL DE OPERACAO DE *1200* KG	UN	223.588,48
-------	--	----	------------

18. CUSTOS REDES COLETORAS

a) Rede de esgoto SSA

PVs

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,035	848,36
100	1,103	904,10
100	0,995	815,57
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,023	838,53
100	1,191	975,82
100	1,050	860,66
100	1,355	1110,66
100	1,475	1209,02
100	1,053	863,12
100	1,813	1486,07
100	2,750	2254,10
100	2,900	2377,05
100	2,225	1823,77
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,087	890,98
100	1,007	825,41
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,500	1229,51
100	1,786	1463,94
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,063	871,31
100	1,220	1000,00
100	1,358	1113,12
100	1,515	1241,81
100	2,647	2169,68
100	2,795	2290,99
100	1,860	1524,59
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	2,125	1741,81
100	2,120	1737,71
100	2,060	1688,53
100	2,403	1969,68
100	1,908	1563,94
100	0,900	737,71
100	2,455	2012,30

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
100	2,350	1926,23
100	0,972	796,72
100	2,680	2196,72
100	1,250	1024,59
100	1,065	872,95
100	1,695	1389,35
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,573	1289,35
100	0,930	762,30
100	1,000	819,67
100	1,437	1177,87
100	1,660	1360,66
100	1,050	860,66
100	0,900	737,71
100	1,385	1135,25
100	1,373	1125,41
100	1,610	1319,67
100	0,900	737,71
100	0,955	782,79
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,205	987,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,075	881,15
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,200	983,61
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,010	827,87
100	0,900	737,71
100	0,950	778,69
100	1,240	1016,39
100	1,326	1086,89
100	1,288	1055,74
100	1,206	988,53
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,045	856,56
100	1,590	1303,28
100	1,900	1557,38
100	0,900	737,71
100	1,455	1192,62
100	2,610	2139,35
100	1,820	1491,81
100	1,846	1513,12
100	2,615	2143,45
100	4,270	3500,01

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,958	785,25
100	1,335	1094,26
100	0,955	782,79
100	0,900	737,71
100	5,130	4204,92
100	1,178	965,58
100	1,404	1150,82
100	0,900	737,71
100	1,358	1113,12
100	4,080	3344,27
100	3,305	2709,02
100	2,750	2254,10
100	2,145	1758,20
100	2,266	1857,38
100	0,900	737,71
100	2,550	2090,17
100	2,525	2069,68
100	1,645	1348,36
100	2,203	1805,74
100	2,200	1803,28
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	2,255	1848,36
100	2,635	2159,84
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,075	881,15
100	1,253	1027,05
100	1,085	889,35
100	1,288	1055,74
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,500	1229,51
100	1,480	1213,12
100	1,385	1135,25
100	0,900	737,71
100	1,287	1054,92
100	1,042	854,10
100	1,147	940,17
100	1,288	1055,74
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,945	774,59
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,350	1106,56
100	1,530	1254,10
100	0,900	737,71
100	1,170	959,02
100	1,470	1204,92
100	1,685	1381,15
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,167	956,56
100	1,075	881,15
100	0,900	737,71

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,182	968,85
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,024	839,35
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,200	983,61
100	0,900	737,71
100	1,010	827,87
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,040	852,46
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,040	852,46
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,924	757,38
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,650	1352,46
100	0,900	737,71
100	1,440	1180,33
100	0,900	737,71
100	1,165	954,92
100	0,900	737,71
100	1,398	1145,90
100	0,900	737,71
100	1,982	1624,59
100	1,738	1424,59
100	0,900	737,71
100	1,480	1213,12
100	2,315	1897,54
100	0,900	737,71

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,986	808,20
100	1,055	864,76
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,950	778,69
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,300	1065,58
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,000	819,67
100	1,453	1190,99
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,070	877,05
100	1,170	959,02
100	1,227	1005,74
100	0,900	737,71
100	1,445	1184,43
100	0,900	737,71
100	1,515	1241,81
100	0,900	737,71
100	1,425	1168,03
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,110	909,84
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,693	1387,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,183	969,67
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,272	1042,62
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,545	1266,40
100	2,315	1897,54
100	0,900	737,71
100	1,137	931,97
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,947	776,23
100	1,008	826,23
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,969	794,26
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,085	889,35
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,165	954,92
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	0,900	737,71
100	1,480	1213,12
100	0,900	737,71
100	1,120	918,03
100	1,910	1565,58
100	0,900	737,71
100	2,505	2053,28
100	2,420	1983,61
100	2,540	2081,97
100	2,590	2122,95
100	0,900	737,71
100	2,385	1954,92
100	2,610	2139,35
100	2,290	1877,05
100	1,620	1327,87
100	1,365	1118,85
100	1,573	1289,35
100	1,803	1477,87
100	1,592	1304,92
100	1,168	957,38
100	1,398	1145,90
100	1,040	852,46
100	0,900	737,71
100	1,130	926,23
100	0,900	737,71
100	2,225	1823,77
100	2,110	1729,51
100	1,745	1430,33
100	1,850	1516,40
100	0,900	737,71

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
300	1,175	963,12
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	1,900	1.557,38
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	1,650	1.352,46
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	3,090	2.532,79
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,900	737,71
300	0,934	765,57
300	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	2,110	1.729,51
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,510	1.237,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	2,890	2.368,86
400	0,900	737,71
400	1,350	1.106,56
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,520	1.245,90
400	1,690	1.385,25
400	2,700	2.213,12
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,342	1.100,00
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,947	776,23
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,970	610,05
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,435	1.531,41
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,095	688,66
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,600	1.635,18
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,094	688,03
500	0,975	613,19
500	1,130	710,68
500	0,900	566,02
500	1,070	672,94
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,760	1.735,81
500	1,965	1.235,82
500	0,985	619,48
500	0,900	566,02
500	1,130	710,68
500	2,570	1.616,31
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
500	0,900	566,02
500	0,920	578,60
500	0,900	566,02
500	1,438	904,38
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,450	911,93
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,560	981,11
500	0,900	566,02
500	1,335	839,60
500	1,421	893,69
500	1,975	1.242,11
500	2,165	1.361,60
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,974	612,56
500	1,272	799,98
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,590	1.628,89
500	0,918	577,34
500	1,098	690,55
500	1,610	1.012,55
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	2,502	1.573,55
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,700	1.069,16
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,890	1.188,65
600	1,194	750,93
600	1,465	921,36
600	1,192	749,67
600	0,900	566,02
600	1,387	872,31
600	1,830	1.150,92
600	0,900	566,02
600	1,715	1.078,59
600	1,100	691,81

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
600	2,345	1.474,81
600	2,202	1.384,87
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,100	691,81
600	0,980	616,34
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,392	875,45
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	2,352	1.479,21
600	2,430	1.528,27
600	1,840	1.157,21
600	3,323	2.089,89
600	3,500	2.201,21
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,338	841,49
600	0,900	566,02
600	1,885	1.185,51
600	1,335	839,60
600	1,207	759,10
600	2,063	1.297,45
600	1,663	1.045,89
600	2,545	1.600,59
600	0,900	566,02
700	0,900	623,31
700	1,380	955,74
700	0,940	651,01
700	0,900	623,31
700	1,320	914,19
700	1,178	815,84
700	1,300	900,34
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	1,081	748,66
700	1,010	699,49
700	0,900	623,31
700	3,030	2.098,47
700	0,900	623,31
700	1,213	840,08
700	0,900	623,31
700	1,084	750,74
700	1,720	1.191,21
700	1,490	1.031,92
700	0,900	623,31
700	2,088	1.446,08
700	0,945	654,47
700	1,610	1.115,03
700	1,730	1.198,14
700	0,900	623,31
700	1,890	1.308,95
700	0,900	623,31
700	2,160	1.495,94
700	2,545	1.762,58
700	2,350	1.627,53
700	1,723	1.193,29
700	1,985	1.374,74
700	2,315	1.603,29
700	2,095	1.450,93
700	0,900	623,31

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
700	1,323	916,26
700	2,445	1.693,32
800	0,900	623,31
800	1,065	737,58
800	0,900	623,31
800	1,850	1.281,25
800	2,480	1.717,56
800	1,020	706,42
800	0,900	623,31
800	1,370	948,82
800	2,255	1.561,74
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	1,114	771,52
800	1,050	727,19
800	0,920	637,16
800	1,900	1.315,88
800	1,835	1.270,86
800	1,040	720,27
800	1,295	896,87
800	0,980	678,71
800	0,900	623,31
800	1,595	1.104,64
800	0,900	623,31
800	1,520	1.052,56
800	0,900	623,31
800	0,955	661,40
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	1,650	1.142,73
800	1,685	1.166,97
800	1,010	699,49
800	2,440	1.689,86
800	1,800	1.246,62
800	2,020	1.398,98
800	3,210	2.223,14
800	1,835	1.270,86
800	2,985	2.067,31
800	3,485	2.413,59
800	1,375	952,28
800	1,975	1.367,82
800	2,290	1.585,98
800	1,147	794,37
800	2,330	1.613,68
800	3,965	2.746,02
800	3,075	2.129,64
800	2,795	1.935,72
800	2,254	1.561,04
900	1,160	1.180,67
900	1,313	1.336,40
900	0,975	992,38
900	1,755	1.786,28
900	0,970	987,29
900	0,900	916,04
900	2,490	2.534,38
900	0,900	916,04
900	0,900	916,04
900	2,500	2.544,56
900	1,560	1.587,80
900	1,443	1.468,72
900	2,720	2.768,48
900	0,900	916,04
900	0,900	916,04
900	1,560	1.587,80

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
900	2,370	2.412,24
900	2,670	2.717,58
900	3,600	3.664,16
900	1,170	1.190,85
900	1,680	1.709,94
900	3,355	3.414,79
900	1,620	1.648,87
900	0,900	916,04
900	2,668	2.715,55
900	2,805	2.854,99
900	1,333	1.356,76
900	2,800	2.849,90
900	2,678	2.725,73
900	3,058	3.112,50
900	3,075	3.129,80
900	3,295	3.353,72
900	2,682	2.729,80
900	2,767	2.816,31
900	4,250	4.325,74
1000	2,790	2.839,72
1000	0,900	916,04
1000	2,390	2.432,59
1000	1,575	1.603,07
1000	0,900	916,04
1000	2,165	2.203,58
1000	3,266	3.324,21
1000	3,640	3.704,87
1000	3,298	3.356,78
1000	2,602	2.648,37
1000	1,865	1.898,24
1000	1,300	1.323,17
1000	0,900	916,04
1000	0,985	1.002,55
1000	0,900	916,04
1000	2,895	2.946,59
1000	2,880	2.931,33
1000	1,825	1.857,53
1000	2,745	2.793,92
1000	2,795	2.844,81
1000	3,586	3.649,91
1000	2,625	2.671,78
1000	1,338	1.361,85
1000	1,146	1.166,42
1000	2,545	2.590,36
1000	2,215	2.254,48
1000	2,145	2.183,23
1000	3,055	3.109,45
1000	3,380	3.440,24
1000	2,995	3.048,38
1000	3,230	3.287,57
1000	3,145	3.201,05
1100	2,620	5.713,87
1100	2,555	5.572,12
1100	2,255	4.917,86
1100	1,795	3.914,66
1100	3,085	6.727,98
1100	4,160	9.072,41
1100	4,097	8.935,02
1100	4,278	9.329,75
1100	4,320	9.421,35
1100	3,610	7.872,93
1100	3,905	8.516,29
1200	0,900	1.962,78
1200	1,570	3.423,96
1200	1,625	3.543,91
1200	2,005	4.372,64

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
1200	2,965	6.466,27
1200	2,468	5.382,38
1200	2,294	5.002,91
1200	1,850	4.034,61
1200	3,780	8.243,68
1200	3,655	7.971,07
1200	3,140	6.847,93
1200	3,445	7.513,09
1200	4,663	10.169,39
1200	4,390	9.574,01
1200	1,740	3.794,71
1300	3,948	8.610,07
1300	4,335	9.454,06
1300	4,480	9.770,29
1300	4,345	9.475,87
1300	3,180	6.935,16
1300	4,195	9.148,74
1300	4,860	10.599,02
1300	4,360	9.508,58
1300	4,580	9.988,38
1300	4,065	8.865,23
1300	6,411	13.980,45
1400	2,440	7.136,44
1400	4,825	14.112,02
1400	4,894	14.313,83
1400	4,903	14.340,16
1400	4,190	12.254,79
1400	4,030	11.786,83
1500	2,852	8.341,45
1500	1,035	3.027,14
1500	2,395	7.004,83
1500	3,695	10.807,03
1500	3,100	9.066,79
1500	2,955	8.642,70
1500	4,563	13.345,73
1500	4,887	14.293,36
1500	4,510	13.190,72
1500	4,280	12.518,02
1500	4,230	12.371,79
1500	4,050	11.845,33
1500	3,863	11.298,39
1500	3,568	10.435,59
1500	4,418	12.921,64
1500	4,137	12.099,78
1600	1,195	3.495,10
1600	2,330	6.814,72
1600	0,900	2.632,29
1600	1,218	3.562,37
1600	2,440	7.136,44
1600	3,413	9.982,25
1600	4,665	13.645,23
1600	5,449	15.935,62
1600	4,942	14.454,22
1600	4,520	13.219,97
1600	4,316	12.621,85
1700	2,766	8.089,92
1700	3,004	8.786,02
1700	3,020	8.832,81
1700	4,805	14.053,53
1700	5,185	15.164,94
1700	5,431	15.884,44
1800	2,938	8.592,98
1800	2,673	7.817,92
1800	2,415	7.063,32
1800	0,943	2.758,06
1800	4,121	12.052,99

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
1900	1,188	4.612,87
1900	2,404	9.334,47
1900	1,590	6.173,80
1900	0,900	3.494,60
1900	3,505	13.609,53
2000	3,563	13.834,74
2000	4,125	16.016,93
2000	5,083	19.736,73
2000	6,032	23.421,60
2000	5,659	21.973,28
2000	7,377	28.644,09
2000	7,915	30.731,14
2100	4,754	18.459,26
2100	4,925	19.123,24
2100	4,852	18.839,79
2100	5,005	19.433,87
2100	5,330	20.695,81
2100	4,600	17.861,30
2100	3,550	13.784,26
2100	3,693	14.339,52
2100	1,928	7.486,21
2100	1,820	7.066,86
2100	0,900	3.494,60
2100	1,134	4.403,20
2100	1,308	5.078,82
2100	0,900	3.494,60
2100	1,034	4.014,91
2100	1,604	6.228,16
2100	0,900	3.494,60
2100	1,045	4.057,62
2100	1,667	6.472,78
2100	4,530	17.589,50
2100	4,305	16.715,85
2100	5,540	21.511,22
2100	6,691	25.980,42
2100	4,494	17.449,71
2100	4,208	16.339,21
2100	4,108	15.950,92
2100	4,202	16.315,91
2100	3,943	15.310,24
2100	3,204	12.440,78
2100	2,120	8.231,73
2100	3,458	13.427,04
2100	3,828	14.863,71
2200	1,732	6.725,17
2200	1,811	7.031,92
2200	3,618	14.048,30
2200	4,047	15.714,06
2200	2,278	8.845,23
2200	4,280	16.618,77
2300	2,284	8.868,52
2300	2,991	11.613,73
2600	3,742	16.903,92
2600	3,300	14.907,25
2600	3,223	14.559,41
2600	3,075	13.890,85
2800	4,300	19.424,60
2800	5,027	22.708,71
2800	3,752	16.949,09
2800	2,377	10.737,74
2800	2,695	12.174,25
2900	3,577	19.334,16
2900	5,096	27.544,56
2900	5,643	30.501,17
2900	4,819	26.047,34
2900	4,741	25.625,74

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,835	1.504,10
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	2,390	1.959,02
400	1,050	860,66
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,135	930,33
400	0,945	774,59
400	0,925	758,20
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,880	1.540,99
400	0,900	737,71
400	2,400	1.967,22
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,010	827,87
400	1,225	1.004,10
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,300	1.065,58
400	1,330	1.090,17
400	1,765	1.446,72
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	2,375	1.946,72
400	1,880	1.540,99
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,947	776,23
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,272	799,98
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,590	1.628,89
500	0,918	577,34
500	1,098	690,55
500	1,610	1.012,55
600	0,900	566,02
600	1,305	820,74
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,465	921,36
600	2,585	1.625,75
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,700	1.069,16
600	0,900	566,02
600	1,215	764,13
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,273	800,61
600	1,288	810,04
600	1,415	889,92
600	1,113	699,98
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,890	1.188,65
600	2,231	1.403,11
600	0,900	566,02
600	1,085	682,37
600	1,490	937,08
600	0,900	566,02
600	2,425	1.525,12
600	2,905	1.827,00
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,950	597,47
600	1,310	823,88
600	0,900	566,02
600	1,270	798,72
600	1,255	789,29
600	1,610	1.012,55
600	0,900	566,02
600	3,054	1.920,71
600	2,495	1.569,15
600	0,900	566,02
600	1,793	1.127,65
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,338	841,49
600	0,900	566,02
600	1,885	1.185,51

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
600	1,335	839,60
600	1,207	759,10
600	2,063	1.297,45
600	1,663	1.045,89
600	2,545	1.600,59
600	0,900	566,02
700	1,602	1.109,49
700	0,930	644,09
700	1,570	1.087,33
700	2,120	1.468,24
700	0,900	623,31
700	2,150	1.489,02
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	0,910	630,24
700	0,900	623,31
700	1,205	834,54
700	0,998	691,18
700	0,900	623,31
700	1,200	831,08
700	1,615	1.118,49
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	1,541	1.067,24
700	1,170	810,30
700	1,015	702,95
700	0,927	642,01
700	1,645	1.139,27
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	1,005	696,03
700	1,525	1.056,16
700	2,080	1.440,54
700	2,025	1.402,45
700	1,920	1.329,73
700	2,200	1.523,65
700	0,955	661,40
700	1,758	1.217,53
700	2,503	1.733,49
700	3,000	2.077,70
700	3,380	2.340,87
700	2,350	1.627,53
700	1,624	1.124,73
700	3,170	2.195,43
700	1,243	860,86
700	0,900	623,31
700	0,993	687,72
700	2,245	1.554,81
700	0,925	640,62
700	0,900	623,31
700	2,800	1.939,18
700	2,648	1.833,91
700	2,150	1.489,02
700	1,977	1.369,20
700	2,830	1.959,96
700	2,214	1.533,34
700	1,519	1.052,01
700	1,985	1.374,74
700	2,315	1.603,29
700	2,095	1.450,93
700	0,900	623,31
700	1,323	916,26

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
700	2,445	1.693,32
800	1,230	851,86
800	1,385	959,20
800	1,170	810,30
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	2,630	1.821,45
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	2,175	1.506,33
800	1,640	1.135,81
800	1,700	1.177,36
800	2,668	1.847,77
800	1,250	865,71
800	3,500	2.423,98
800	3,743	2.592,27
800	3,736	2.587,43
800	3,935	2.725,25
800	3,630	2.514,01
800	3,140	2.174,66
800	3,508	2.429,52
800	2,500	1.731,42
800	1,002	693,95
800	0,930	644,09
800	2,420	1.676,01
800	1,780	1.232,77
800	1,415	979,98
800	2,838	1.965,50
800	2,755	1.908,02
800	1,879	1.301,33
900	2,490	2.534,38
900	0,900	916,04
900	2,200	2.239,21
900	1,390	1.414,77
900	2,343	2.384,25
900	2,168	2.206,64
900	1,620	1.648,87
900	2,125	2.162,87
900	3,175	3.231,58
900	3,605	3.669,25
900	3,265	3.323,19
900	2,490	2.534,38
900	1,635	1.664,14
900	0,900	916,04
900	0,900	916,04
900	2,470	2.514,02
900	3,420	3.480,95
900	3,290	3.348,63
900	3,620	3.684,52
900	1,778	1.809,69
900	2,445	2.488,57
900	2,808	2.858,04
900	3,148	3.204,10
900	4,385	4.463,15
900	4,160	4.234,14
900	3,625	3.689,60
900	2,995	3.048,38
900	3,080	3.134,89
900	2,463	2.506,90
900	2,323	2.364,40
900	3,295	3.353,72
900	2,682	2.729,80
900	2,767	2.816,31

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
900	4,250	4.325,74
1000	0,900	916,04
1000	1,736	1.766,94
1000	2,755	2.804,10
1000	2,286	2.326,74
1000	2,115	2.152,69
1000	4,278	4.354,24
1000	4,387	4.465,19
1000	4,188	4.262,64
1000	2,737	2.785,78
1000	3,863	3.931,85
1000	3,540	3.603,09
1100	3,665	7.992,88
1100	3,245	7.076,92
1100	4,330	9.443,16
1100	4,718	10.289,34
1100	4,440	9.683,05
1100	4,050	8.832,52
1100	4,528	9.874,97
1100	3,773	8.228,41
1100	3,650	7.960,17
1100	3,658	7.977,62
1100	3,733	8.141,18
1100	3,732	8.139,00
1100	2,995	6.531,70
1100	2,815	6.139,14
1200	2,000	4.361,74
1200	0,900	1.962,78
1200	1,900	4.143,65
1200	2,255	4.917,86
1200	3,275	7.142,34
1200	4,229	9.222,89
1200	4,078	8.893,58
1200	3,795	8.276,39
1200	3,491	7.613,41
1200	3,090	6.738,88
1200	3,828	8.348,36
1200	4,045	8.820,74
1200	4,827	10.527,05
1200	4,320	9.421,35
1200	3,897	8.498,84
1200	3,691	8.049,58
1200	4,390	9.574,01
1200	4,852	10.581,57
1200	5,185	11.307,80
1300	1,350	2.944,17
1300	2,590	5.648,45
1300	1,024	2.233,21
1300	1,398	3.048,85
1300	2,675	5.833,82
1300	3,020	6.586,22
1400	3,986	11.658,14
1500	3,565	10.426,81
1500	3,130	9.154,54
1500	2,736	8.002,18
1500	2,356	6.890,76
1500	2,055	6.010,41
1500	0,900	2.632,29
1500	1,038	3.035,91
1500	1,990	5.820,30
1500	1,185	3.465,85
1500	0,900	2.632,29
1500	2,900	8.481,84
1500	3,817	11.163,85
1500	3,225	9.432,39
1500	4,340	12.693,51

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
1600	4,240	12.401,03
1600	5,475	16.013,13
1600	6,625	19.376,61
1600	4,425	12.942,12
1600	4,133	12.088,08
1600	4,037	11.807,30
1600	4,134	12.091,01
1600	3,875	11.333,49
1600	3,133	9.164,19
1600	2,035	5.951,91
1600	3,380	9.885,73
1600	3,775	11.041,01
1700	2,007	5.870,02
1700	2,225	6.507,62
1700	2,840	8.306,35
1700	3,886	11.365,66
1700	3,586	10.488,23
1700	4,012	11.734,19
1700	2,230	6.522,24
1700	4,220	12.342,54
1700	4,095	11.976,94
1700	5,077	14.849,07
1700	6,048	17.689,02
1800	3,628	10.611,07
1800	4,732	13.840,02
1800	4,905	14.346,01
1800	4,831	14.129,57
1800	4,977	14.556,59
1800	5,293	15.480,82
1800	4,530	13.249,22
1800	3,440	10.061,22
1800	3,573	10.448,75
1800	1,763	5.156,37
1800	1,565	4.577,27
1800	0,900	2.632,29
1800	1,080	3.158,75
1800	1,210	3.538,97
1800	0,900	2.632,29
1800	0,978	2.860,43
1800	1,470	4.299,41
1800	0,900	2.632,29
1800	0,988	2.889,67
1800	1,536	4.492,45
1800	5,697	16.660,96
1800	6,457	18.885,25
1800	6,983	20.422,22
1900	3,700	14.366,70
2000	3,468	13.465,87
2200	3,478	13.504,69
2600	3,197	14.441,96
2600	4,016	18.141,67
2600	4,630	20.913,06
2600	3,253	14.694,93
2600	1,720	7.767,58
2600	1,882	8.501,65
2600	2,579	11.650,24
2600	3,962	17.897,73
2600	4,391	19.835,68
2600	3,454	15.600,66
2600	3,356	15.159,32
2600	2,792	12.612,44
2600	2,359	10.656,42

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	2,890	2.368,86
400	1,028	842,62
400	1,345	1.102,46
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,530	1.254,10
400	1,690	1.385,25
400	2,700	2.213,12
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,170	959,02
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,343	1.100,82
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,947	776,23
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,218	766,02
500	0,980	616,34
500	0,900	566,02
500	1,391	874,82
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,540	968,53
500	1,455	915,07
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,095	688,66
500	0,900	566,02
500	1,690	1.062,87
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,600	1.635,18
500	1,630	1.025,13
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,730	1.716,94
500	1,095	688,66
500	1,600	1.006,27
500	0,900	566,02
500	1,070	672,94
500	1,930	1.213,81
500	0,900	566,02
500	2,450	1.540,84

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
500	2,920	1.836,43
500	2,550	1.603,74
500	2,093	1.316,32
500	1,350	849,04
500	1,303	819,48
500	1,390	874,19
500	2,280	1.433,93
500	0,900	566,02
500	1,650	1.037,71
500	0,900	566,02
500	2,300	1.446,51
500	3,150	1.981,09
500	3,065	1.927,63
500	1,770	1.113,18
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,450	911,93
500	1,040	654,07
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,920	578,60
500	0,900	566,02
500	1,335	839,60
500	1,423	894,95
500	1,975	1.242,11
500	1,520	955,95
500	1,080	679,23
500	1,280	805,01
500	2,140	1.345,88
500	0,970	610,05
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,975	613,19
500	1,272	799,98
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,590	1.628,89
500	0,918	577,34
500	1,100	691,81
500	1,610	1.012,55
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,060	666,65
600	0,900	566,02
600	1,148	722,00
600	2,503	1.574,18
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,075	676,08
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,218	766,02
600	0,900	566,02
600	1,160	729,54
600	1,890	1.188,65
600	4,308	2.709,37
600	0,900	566,02

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
600	1,221	767,91
600	0,946	594,95
600	0,930	584,89
600	1,417	891,17
600	0,900	566,02
600	1,090	685,52
600	3,400	2.138,31
600	1,860	1.169,78
600	1,600	1.006,27
600	1,715	1.078,59
600	0,900	566,02
600	2,473	1.555,31
600	2,330	1.465,37
600	1,620	1.018,84
600	3,090	1.943,35
600	2,720	1.710,65
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,530	962,24
600	0,900	566,02
600	1,360	855,33
600	0,900	566,02
600	1,490	937,08
600	0,900	566,02
600	1,391	874,82
600	4,250	2.672,89
600	2,880	1.811,28
600	2,353	1.479,84
600	2,435	1.531,41
600	1,840	1.157,21
600	3,323	2.089,89
600	2,590	1.628,89
600	1,370	861,61
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,338	841,49
600	0,900	566,02
600	1,885	1.185,51
600	1,335	839,60
600	1,207	759,10
600	2,063	1.297,45
600	1,663	1.045,89
600	2,545	1.600,59
600	0,900	566,02
700	0,900	623,31
700	1,638	1.134,42
700	0,950	657,94
700	1,700	1.177,36
700	1,110	768,75
700	0,900	623,31
700	1,320	914,19
700	1,178	815,84
700	1,300	900,34
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	1,710	1.184,29
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	1,112	770,13
700	2,275	1.575,59
700	0,900	623,31
700	1,215	841,47
700	1,041	720,96
700	1,225	848,39
700	0,900	623,31

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
700	0,900	623,31
700	1,830	1.267,40
700	1,870	1.295,10
700	1,610	1.115,03
700	2,070	1.433,61
700	1,980	1.371,28
700	1,710	1.184,29
700	0,900	623,31
700	1,890	1.308,95
700	3,967	2.747,41
700	2,357	1.632,38
700	0,900	623,31
700	2,350	1.627,53
700	1,725	1.194,68
700	1,985	1.374,74
700	2,315	1.603,29
700	2,095	1.450,93
700	0,900	623,31
700	1,323	916,26
700	2,445	1.693,32
800	1,507	1.043,70
800	1,673	1.158,66
800	0,985	682,18
800	1,850	1.281,25
800	2,480	1.717,56
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	1,368	947,43
800	2,256	1.562,43
800	0,928	642,70
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	1,115	772,21
800	1,050	727,19
800	1,150	796,45
800	1,900	1.315,88
800	1,835	1.270,86
800	1,040	720,27
800	1,295	896,87
800	2,030	1.405,91
800	2,725	1.887,24
800	2,486	1.721,72
800	0,975	675,25
800	0,955	661,40
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	1,484	1.027,77
800	1,035	716,81
800	2,461	1.704,40
800	1,807	1.251,47
800	2,035	1.409,37
800	3,240	2.243,91
800	1,240	858,78
800	1,390	962,67
800	2,690	1.863,00
800	2,400	1.662,16
800	2,280	1.579,05
800	1,138	788,14
800	2,330	1.613,68
800	2,220	1.537,50
800	2,456	1.700,94
800	2,312	1.601,21
800	3,625	2.510,21
800	2,720	1.883,78
800	2,795	1.935,72
800	2,255	1.561,74

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
800	3,075	2.129,64
900	1,145	1.165,41
900	1,296	1.319,10
900	0,975	992,38
900	1,760	1.791,37
900	1,930	1.964,40
900	2,490	2.534,38
900	1,420	1.445,31
900	1,790	1.821,90
900	1,770	1.801,54
900	2,500	2.544,56
900	3,106	3.161,36
900	0,900	916,04
900	0,900	916,04
900	0,900	916,04
900	2,700	2.748,12
900	3,615	3.679,43
900	3,170	3.226,50
900	2,700	2.748,12
900	0,900	916,04
900	2,668	2.715,35
900	2,805	2.854,99
900	1,333	1.356,76
900	2,205	2.244,30
900	2,079	2.116,05
900	2,690	2.737,94
900	3,295	3.353,72
900	2,682	2.729,80
900	2,767	2.816,31
900	4,250	4.325,74
1000	2,787	2.836,67
1000	0,900	916,04
1000	2,390	2.432,59
1000	1,575	1.603,07
1000	0,900	916,04
1000	1,385	1.409,68
1000	2,131	2.168,98
1000	3,266	3.324,21
1000	3,640	3.704,87
1000	3,300	3.358,81
1000	2,603	2.649,39
1000	1,870	1.903,33
1000	1,920	1.954,22
1000	2,040	2.076,36
1000	2,321	2.362,36
1000	1,901	1.934,88
1000	1,466	1.492,13
1000	1,431	1.456,50
1000	1,641	1.670,25
1000	1,310	1.333,35
1000	1,689	1.719,10
1000	2,604	2.650,41
1000	2,200	2.239,21
1000	2,990	3.043,29
1000	3,565	3.628,54
1000	2,425	2.468,22
1000	3,559	3.622,43
1000	2,575	2.620,89
1000	1,320	1.343,53
1000	1,146	1.166,42
1000	1,930	1.964,40
1000	1,585	1.613,25
1000	2,025	2.061,09
1000	2,680	2.727,76
1000	3,380	3.440,24
1000	2,995	3.048,38

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
1000	3,232	3.289,60
1100	2,235	4.874,24
1100	2,175	4.743,39
1100	1,645	3.587,53
1100	2,870	6.259,09
1100	1,718	3.746,73
1100	1,130	2.464,38
1100	0,900	1.962,78
1100	3,990	8.701,66
1100	4,171	9.096,40
1100	3,125	6.815,21
1100	2,675	5.833,82
1100	3,130	6.826,12
1100	3,413	7.443,30
1200	0,900	1.962,78
1200	1,570	3.423,96
1200	1,878	4.095,67
1200	0,900	1.962,78
1200	1,948	4.248,33
1200	2,900	6.324,52
1200	2,390	5.212,27
1200	2,206	4.810,99
1200	1,398	3.048,85
1200	2,105	4.590,73
1200	3,794	8.274,21
1200	3,668	7.999,42
1200	3,063	6.680,00
1200	3,350	7.305,91
1200	4,554	9.931,67
1200	4,260	9.290,50
1200	1,950	4.252,69
1200	4,010	8.745,28
1300	3,958	8.631,88
1300	4,343	9.471,51
1300	4,487	9.785,55
1300	4,350	9.486,78
1300	3,037	6.623,30
1300	4,048	8.828,15
1300	3,690	8.047,40
1300	3,762	8.204,43
1300	6,405	13.968,46
1400	2,343	6.852,74
1400	2,130	6.229,76
1400	1,850	5.410,83
1400	4,710	13.775,68
1400	3,870	11.318,87
1400	3,682	10.769,01
1400	3,668	10.728,06
1400	3,726	10.897,70
1400	3,720	10.880,15
1400	2,994	8.756,77
1400	2,821	8.250,78
1400	4,195	12.269,42
1500	2,620	7.662,90
1500	2,045	5.981,16
1500	4,565	13.351,58
1500	4,920	14.389,88
1500	4,594	13.436,40
1500	4,375	12.795,88
1500	4,351	12.725,68
1500	4,198	12.278,19
1500	4,043	11.824,85
1600	1,035	3.027,14
1600	1,200	3.509,73
1600	2,330	6.814,72
1600	0,900	2.632,29

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
1600	1,213	3.547,75
1600	2,431	7.110,12
1600	3,773	11.035,16
1600	4,529	13.246,29
1600	4,751	13.895,59
1600	5,544	16.214,94
1600	5,051	14.773,02
1600	4,643	13.579,72
1600	4,455	13.029,86
1600	4,958	14.501,02
1600	5,289	15.469,12
1700	2,750	8.043,12
1700	2,980	8.715,82
1700	2,990	8.745,07
1700	1,669	4.881,44
1700	2,566	7.505,84
1700	3,905	11.421,23
1800	2,905	8.496,46
1800	2,638	7.715,55
1800	2,377	6.952,18
1800	0,903	2.641,07
1900	1,145	4.445,91
1900	2,404	9.334,47
1900	1,594	6.189,33
1900	0,900	3.494,60
1900	3,387	13.151,35
1900	4,050	15.725,71
2000	3,434	13.333,85
2000	4,378	16.999,30
2000	5,075	19.705,67
2000	6,025	23.394,42
2000	5,653	21.949,98
2000	7,373	28.628,56
2000	7,911	30.716,77
2100	4,618	17.931,19
2100	4,785	18.579,63
2100	4,708	18.280,65
2100	4,855	18.851,44
2100	5,173	20.086,20
2100	4,435	17.220,62
2100	4,235	16.444,04
2100	5,468	21.231,65
2100	6,618	25.696,97
2100	4,420	17.162,38
2100	4,133	16.047,99
2100	4,031	15.651,93
2100	4,123	16.009,16
2100	3,863	14.999,61
2100	3,123	12.126,27
2100	2,038	7.913,33
2100	3,374	13.100,87
2200	1,722	6.686,34
2200	1,795	6.969,79
2200	3,883	15.077,27
2200	3,996	15.515,26
2200	2,105	8.173,49
2200	1,860	7.222,18
2200	0,900	3.494,60
2200	0,995	3.863,48
2200	1,267	4.919,62
2200	0,900	3.494,60
2200	0,904	3.510,13
2200	1,626	6.313,58
2200	0,900	3.494,60
2200	0,931	3.614,97
2200	1,409	5.470,99

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
2200	3,743	14.533,66
2200	3,464	13.450,33
2200	3,893	15.114,15
2200	2,123	8.243,38
2200	4,120	15.997,51
2300	2,264	8.790,87
2300	2,966	11.516,65
2500	2,650	11.970,97
2500	2,225	10.051,10
2500	2,208	9.974,30
2600	2,180	9.847,82
2700	3,394	15.331,88
2700	4,160	18.792,17
2700	2,911	13.150,00
2700	1,590	7.182,58
2800	1,960	8.854,00
2800	2,835	12.806,68
2900	4,407	23.820,43
2900	4,949	26.750,01
2900	4,121	22.274,56
2900	4,042	21.849,71
2900	3,621	19.571,99
2900	3,358	18.150,44

Tubulações

DN	Material	Quantidade (m)	Custo (R\$)
100	PVC	27852,00	679.031,76
300	PVC	3977,10	753.660,45
400	PVC	2962,30	915.380,32
500	CONCRETO	6136,50	897.647,22
600	CONCRETO	5137,40	958.638,84
700	CONCRETO	3228,60	797.464,20
800	CONCRETO	3605,00	1.014.843,55
900	CONCRETO	2046,20	695.278,30
1000	CONCRETO	2787,80	1.060.953,05
1100	CONCRETO	785,10	355.806,65
1200	CONCRETO	1551,10	807.487,15
1300	CONCRETO	803,80	476.676,64
1400	CONCRETO	984,60	660.099,33
1500	CONCRETO	888,90	669.839,48
1600	CONCRETO	974,90	819.085,52
1700	CONCRETO	516,90	482.024,22
1800	CONCRETO	272,90	281.051,73
1900	CONCRETO	673,00	761.970,11
2000	CONCRETO	531,50	658.801,95
2100	CONCRETO	1409,60	1.905.520,42
2200	CONCRETO	1454,90	2.137.400,95
2300	CONCRETO	102,90	163.753,04
2500	CONCRETO	214,40	396.831,09
2600	CONCRETO	100,00	198.812,68
2700	CONCRETO	224,40	478.050,31
2800	CONCRETO	159,50	363.270,48
2900	CONCRETO	324,90	789.426,91

[illegible]

[illegible]

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
400	1,540	1.262,30
400	1,385	1.135,25
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,925	758,20
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,160	950,82
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	2,395	1.963,12
400	1,012	829,51
400	2,730	2.237,71
400	2,250	1.844,27
400	1,135	930,33
400	1,600	1.311,48
400	0,900	737,71
400	0,930	762,30
400	0,900	737,71
400	2,450	2.008,20
400	2,754	2.257,38
400	2,550	2.090,17
400	1,989	1.630,33
400	2,280	1.868,86
400	2,720	2.229,51
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,650	1.352,46
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	2,300	1.885,25
400	0,900	737,71
400	1,180	967,21
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	1,301	1.066,40
400	1,333	1.092,62
400	1,770	1.450,82
400	0,900	737,71
400	1,520	1.245,90
400	2,375	1.946,72
400	1,885	1.545,08
400	2,140	1.754,10
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,900	737,71
400	0,947	776,23
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,094	688,03
500	0,900	566,02
500	1,060	666,65
500	0,900	566,02
500	1,148	722,00
500	1,638	1.030,16
500	0,900	566,02

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,020	641,49
500	0,904	568,54
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,710	1.075,45
500	0,900	566,02
500	1,807	1.136,45
500	4,308	2.709,37
500	1,635	1.028,28
500	1,390	874,19
500	0,930	584,89
500	1,450	911,93
500	0,900	566,02
500	1,566	984,88
500	1,860	1.169,78
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,600	1.006,27
500	1,930	1.213,81
500	1,660	1.044,00
500	0,900	566,02
500	1,250	786,15
500	2,290	1.440,22
500	2,230	1.402,48
500	1,390	874,19
500	1,685	1.059,72
500	3,027	1.903,73
500	0,900	566,02
500	0,930	584,89
500	1,510	949,66
500	2,070	1.301,86
500	3,150	1.981,09
500	3,065	1.927,63
500	0,900	566,02
500	1,710	1.075,45
500	1,770	1.113,18
500	1,010	635,21
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,360	855,33
500	0,900	566,02
500	1,040	654,07
500	1,490	937,08
500	0,900	566,02
500	1,345	845,89
500	0,920	578,60
500	2,880	1.811,28
500	2,080	1.308,15
500	1,758	1.105,63
500	0,900	566,02
500	3,145	1.977,94
500	1,370	861,61
500	0,970	610,05
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	1,272	799,98

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	0,900	566,02
500	2,590	1.628,89
500	0,918	577,34
500	1,100	691,81
500	1,610	1.012,55
600	0,900	566,02
600	1,100	691,81
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,456	915,39
600	2,585	1.625,75
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,075	676,08
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,700	1.069,16
600	0,975	613,19
600	1,275	801,87
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	0,905	569,17
600	1,020	641,49
600	1,143	718,85
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,760	1.106,89
600	2,055	1.292,42
600	1,900	1.194,94
600	2,245	1.411,92
600	1,041	654,70
600	1,460	918,22
600	1,350	849,04
600	2,450	1.540,84
600	2,901	1.824,49
600	1,870	1.176,07
600	2,400	1.509,40
600	1,830	1.150,92
600	0,900	566,02
600	1,270	798,72
600	1,255	789,29
600	1,610	1.012,55
600	4,250	2.672,89
600	3,845	2.418,06
600	1,940	1.220,10
600	0,900	566,02
600	1,628	1.023,88
600	3,105	1.952,78
600	2,550	1.603,74
600	0,900	566,02
600	1,793	1.127,65
600	0,900	566,02
600	0,900	566,02
600	1,338	841,49
600	0,900	566,02
600	1,885	1.185,51
600	1,335	839,60
600	1,207	759,10
600	2,063	1.297,45
600	1,663	1.045,89
600	2,545	1.600,59

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
600	0,900	566,02
700	1,507	1.043,70
700	1,305	903,80
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	1,136	786,75
700	0,900	623,31
700	1,570	1.087,33
700	2,120	1.468,24
700	0,900	623,31
700	2,150	1.489,02
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	0,900	623,31
700	0,910	630,24
700	0,900	623,31
700	1,205	834,54
700	0,998	691,18
700	0,900	623,31
700	1,200	831,08
700	1,615	1.118,49
700	1,015	702,95
700	0,900	623,31
700	2,486	1.721,72
700	3,127	2.165,65
700	1,160	803,38
700	1,000	692,57
700	0,908	628,85
700	1,360	941,89
700	0,955	661,40
700	1,762	1.220,30
700	2,510	1.738,34
700	3,000	2.077,70
700	3,390	2.347,80
700	1,228	850,47
700	2,320	1.606,75
700	2,700	1.869,93
700	0,980	678,71
700	0,985	682,18
700	2,245	1.554,81
700	0,925	640,62
700	0,900	623,31
700	2,648	1.833,91
700	2,220	1.537,50
700	2,445	1.693,32
700	2,263	1.567,28
700	2,880	1.994,59
700	2,214	1.533,34
700	1,518	1.051,32
700	1,985	1.374,74
700	2,315	1.603,29
700	2,095	1.450,93
700	0,900	623,31
700	1,323	916,26
700	2,445	1.693,32
800	1,234	854,63
800	1,170	810,30
800	2,630	1.821,45
800	0,900	623,31
800	0,900	623,31
800	1,420	983,44
800	2,175	1.506,33
800	2,030	1.405,91
800	2,870	1.987,66
800	1,928	1.335,27

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
800	1,338	926,65
800	1,090	754,90
800	2,040	1.412,83
800	2,097	1.452,31
800	1,370	948,82
800	0,900	623,31
800	1,128	781,21
800	2,677	1.854,00
800	0,900	623,31
800	3,470	2.403,20
800	3,714	2.572,19
800	3,707	2.567,34
800	3,906	2.705,16
800	3,525	2.441,30
800	2,450	1.696,44
800	3,552	2.459,99
800	2,420	1.676,01
800	2,860	1.980,74
800	3,212	2.224,52
800	2,584	1.789,59
800	0,987	683,56
800	1,950	1.350,50
800	2,418	1.674,62
800	1,775	1.229,30
800	1,408	975,13
800	2,887	1.999,44
800	2,755	1.908,02
800	1,879	1.301,33
900	2,490	2.534,38
900	2,128	2.165,93
900	2,272	2.312,49
900	1,390	1.414,77
900	1,665	1.694,67
900	2,355	2.396,97
900	2,180	2.218,85
900	1,634	1.663,12
900	1,930	1.964,40
900	0,900	916,04
900	2,095	2.132,34
900	1,790	1.821,90
900	1,770	1.801,54
900	3,175	3.231,58
900	3,605	3.669,25
900	3,265	3.323,19
900	2,494	2.538,45
900	1,643	1.672,28
900	1,875	1.908,42
900	2,800	2.849,90
900	3,280	3.338,46
900	3,605	3.669,25
900	1,428	1.453,45
900	2,095	2.132,34
900	2,894	2.945,58
900	3,235	3.292,65
900	4,476	4.555,77
900	4,260	4.335,92
900	3,678	3.743,55
900	2,995	3.048,38
900	3,080	3.134,89
900	2,463	2.506,90
900	2,323	2.364,40
900	3,295	3.353,72
900	2,682	2.729,80
900	2,767	2.816,31
900	4,250	4.325,74
1000	0,900	916,04

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
1000	1,690	1.720,12
1000	2,698	2.746,08
1000	2,218	2.257,53
1000	2,035	2.071,27
1000	1,920	1.954,22
1000	1,645	1.674,32
1000	2,416	2.459,06
1000	4,255	4.330,83
1000	4,360	4.437,70
1000	4,155	4.229,05
1000	2,387	2.429,54
1000	3,540	3.603,09
1100	3,024	6.594,94
1100	2,585	5.637,54
1100	2,595	5.659,35
1100	4,290	9.355,92
1100	3,700	8.069,21
1100	4,175	9.105,12
1100	3,420	7.458,57
1100	3,300	7.196,86
1100	3,308	7.214,31
1100	3,383	7.377,88
1100	3,384	7.380,06
1100	2,645	5.768,40
1100	2,465	5.375,84
1100	4,087	8.913,21
1100	3,916	8.540,28
1200	2,000	4.361,74
1200	0,900	1.962,78
1200	1,900	4.143,65
1200	2,165	4.721,58
1200	4,753	10.365,67
1200	4,253	9.275,23
1200	3,996	8.714,31
1200	3,882	8.466,13
1200	3,638	7.934,00
1200	3,377	7.364,79
1200	3,013	6.570,96
1200	3,789	8.263,31
1200	4,016	8.757,93
1200	4,819	10.509,60
1200	4,338	9.460,61
1200	3,944	8.601,34
1200	3,772	8.226,23
1200	4,710	10.271,89
1200	5,033	10.976,31
1300	0,900	1.962,78
1300	2,130	4.645,25
1300	0,900	1.962,78
1300	1,270	2.769,70
1300	2,543	5.545,95
1300	2,880	6.280,90
1500	3,420	10.002,72
1500	2,980	8.715,82
1500	2,583	7.554,69
1500	2,200	6.434,50
1500	2,055	6.010,41
1500	0,900	2.632,29
1500	1,035	3.027,14
1500	2,914	8.522,79
1500	3,831	11.204,80
1500	3,115	9.110,66
1500	4,440	12.985,99
1500	3,986	11.658,14
1600	2,470	7.224,19
1600	1,230	3.597,47

DN	Profundidade (m)	Custo (R\$)
1600	0,900	2.632,29
1700	2,021	5.910,96
1700	2,230	6.522,24
1700	2,835	8.291,73
1700	3,870	11.318,87
1700	4,342	12.699,36
1700	5,516	16.133,92
1700	6,613	19.341,52
1700	4,343	12.700,82
1700	3,985	11.655,22
1700	3,791	11.087,81
1700	3,788	11.079,04
1700	3,428	10.026,12
1700	2,586	7.563,46
1700	1,230	3.597,47
1700	2,313	6.765,00
1700	2,597	7.595,63
1700	2,310	6.756,22
1700	2,732	7.990,48
1700	0,930	2.720,04
1700	2,900	8.481,84
1700	3,944	11.535,30
1700	4,926	14.407,43
1700	5,897	17.247,38
1700	5,546	16.219,32
1700	6,307	18.447,41
1700	6,858	20.058,09
1800	3,500	10.236,70
1800	4,598	13.448,10
1800	4,767	13.942,39
1800	4,689	13.714,26
1800	4,828	14.120,80
1800	5,137	15.024,55
1800	4,365	12.766,63
1800	3,940	11.523,60
1800	4,070	11.904,70
1800	2,250	6.580,74
1800	1,560	4.562,64
1800	0,900	2.632,29
1800	1,068	3.123,66
1800	1,188	3.474,63
1800	0,900	2.632,29
1800	0,968	2.831,18
1800	1,466	4.287,72
1800	0,900	2.632,29
1800	0,980	2.866,28
1800	1,518	4.439,80
1900	3,374	13.100,87
1900	3,130	12.153,45
2100	3,250	12.619,40
2400	3,090	13.958,61
2600	4,007	18.101,01
2600	4,620	20.867,89
2600	3,242	14.645,24
2600	1,707	7.711,11
2600	1,868	8.438,41
2600	2,563	11.577,96
2600	3,945	17.819,13
2600	4,372	19.749,85
2600	3,433	15.508,06
2600	3,335	15.065,81
2600	2,770	12.510,80
2600	2,334	10.543,49

Tubulações

DN	Material	Quantidade (m)	Custo (R\$)
100	PVC	27852,00	679.031,76
300	PVC	6204,30	1.175.714,85
400	PVC	4946,90	1.528.641,57
500	CONCRETO	6578,20	962.259,10
600	CONCRETO	4327,80	807.567,48
700	CONCRETO	3858,60	953.074,20
800	CONCRETO	2961,50	833.691,87
900	CONCRETO	2802,40	952.227,50
1000	CONCRETO	1104,90	420.491,79
1100	CONCRETO	1271,60	576.288,04
1200	CONCRETO	1356,80	706.336,51
1300	CONCRETO	536,40	318.100,71
1500	CONCRETO	1015,40	765.164,82
1600	CONCRETO	357,90	300.698,23
1700	CONCRETO	1949,00	1.817.498,96
1800	CONCRETO	1559,30	1.605.877,48
1900	CONCRETO	114,40	129.523,60
2100	CONCRETO	100,00	135.181,64
2400	CONCRETO	100,00	171.864,25
2600	CONCRETO	708,80	1.409.184,24

19. CONSUMO DE ENERGIA DAS ELEVATÓRIAS DE TRANSPOSIÇÃO DE BACIAS E CÁLCULO DAS VAZÕES DE ELEVATÓRIAS DE PERCOLADO

RECALQUE ESGOTOS BACIA A		
Q _{máx}	13,50863	L/s
Cota O-A	199,93	m
Cota PVb-537	203,80	m
Comprimento Recalque	50,00	m
DG	3,87	m
Veloc Tubulação	1,00	m/s
Diâmetro Adotado	150	mm
	0,15	m
Perda de carga unitária	0,007606	m/m
Perda de Carga Contínua	0,3803	m
H _m	4,2503	mca
Pot	1,0936	HP
Pot	1,1092	cv
Pot	0,8158	kW
Horas de Operação	24	h
Energia diária	19,58	kW.h/dia
Energia anual	7146,26	kW.h/ano

RECALQUE ESGOTOS BACIA C		
Q _{máx}	0,15866	L/s
Cota O-C	200,07	m
Cota PVb-521	205,00	m
Comprimento Recalque	211,00	m
DG	4,93	m
Veloc Tubulação	1,00	m/s
Diâmetro Adotado	50	mm
	0,05	m
Perda de carga unitária	0,00043	m/m
Perda de Carga Contínua	0,0908	m
H _m	5,0208	mca
Pot	0,0152	HP
Pot	0,0154	cv
Pot	0,0113	kW
Horas de Operação	24	h
Energia diária	0,27	kW.h/dia
Energia anual	99,15	kW.h/ano

RECALQUE ESGOTOS BACIA D		
Q _{máx}	10,88445	L/s
Cota O-D	197,76	m
Cota O-B	200,00	m
Comprimento Recalque	130,00	m
DG	2,24	m
Veloc Tubulação	1,00	m/s
Diâmetro Adotado	150	mm
	0,15	m
Perda de carga unitária	0,0051	m/m
Perda de Carga Contínua	0,6630	m
H _m	2,9030	mca
Pot	0,6019	HP
Pot	0,6104	cv
Pot	0,4490	kW
Horas de Operação	24	h
Energia diária	10,77	kW.h/dia
Energia anual	3932,86	kW.h/ano

ELEVATÓRIA DE LODO PERCOLADO ETE SSA		
Produção de Lodo	400	L/hab.ano
Habitantes	17077	
Produção de lodo diária	18713,97	L/dia
	18,71	m³/dia
Concentração de lodo descartado do UASB	3%	
Peso específico do lodo	1100	kg/m³
Quantidade de sólidos diária	617,56	kg/dia
Captura de sólidos no desaguamento do lodo	95%	
Quantidade de sólidos capturado	586,68	kg/dia
Concentração do Lodo seco	25%	
Volume de lodo seco	2,13	m³/dia
Volume de percolado	16,58	m³/dia
Horas de bombeamento	24	horas
Vazão de bombeamento	0,69086	m³/h
	0,19190	L/s
	0,00019	m³/s

ELEVATÓRIA DE LODO DECANTADOR SECUNDÁRIO - ETE SSA		
Produção de Lodo Decantador secundário	2	L/hab.dia
Habitantes	17077	
Produção de lodo diária	34154	L/dia
	34,154	m³/dia
Horas de bombeamento	8	horas
Vazão de retorno de Lodo	4,269	m³/h
	0,00119	m³/s

20. CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO A VALOR PRESENTE

a) Avaliação original sem tratamento terciário no SSA

Ano	SSA SEM SUDS		SSA COM SUDS		SUA SEM SUDS		SUA COM SUDS	
	OP &MANUT (R\$)	Custo Valor Presente (R\$)	OP &MANUT (R\$)	Custo Valor Presente (R\$)	OP &MANUT (R\$)	Custo Valor Presente (R\$)	OP &MANUT (R\$)	Custo Valor Presente (R\$)
0	323.387,42	323.387,42	1.513.767,16	1.513.767,16	614.066,62	614.066,62	1.646.053,11	1.646.053,11
1	323.387,42	294.963,65	1.513.767,16	1.380.716,31	614.066,62	560.093,93	1.646.053,11	1.501.375,14
2	323.387,42	269.038,15	1.513.767,16	1.259.359,82	614.066,62	510.865,11	1.646.053,11	1.369.413,48
3	323.387,42	245.391,35	1.513.767,16	1.148.669,82	614.066,62	465.963,20	1.646.053,11	1.249.050,43
4	323.387,42	223.822,96	1.513.767,16	1.047.708,79	614.066,62	425.007,90	1.646.053,11	1.139.266,56
5	323.387,42	204.150,29	1.513.767,16	955.621,62	614.066,62	387.652,31	1.646.053,11	1.039.132,02
6	323.387,42	186.206,73	1.513.767,16	871.628,34	614.066,62	353.580,05	1.646.053,11	947.798,70
7	323.387,42	169.840,31	1.513.767,16	795.017,56	614.066,62	322.502,53	1.646.053,11	864.493,01
8	323.387,42	154.912,38	1.513.767,16	725.140,39	614.066,62	294.156,54	1.646.053,11	788.509,38
9	323.387,42	141.296,54	1.513.767,16	661.405,00	614.066,62	268.301,99	1.646.053,11	719.204,24
10	323.387,42	128.877,44	1.513.767,16	603.271,56	614.066,62	244.719,89	1.646.053,11	655.990,60
11	323.387,42	117.549,90	1.513.767,16	550.247,69	614.066,62	223.210,51	1.646.053,11	598.333,05
12	323.387,42	107.217,99	1.513.767,16	501.884,30	614.066,62	203.591,68	1.646.053,11	545.743,25
13	323.387,42	97.794,18	1.513.767,16	457.771,75	614.066,62	185.697,22	1.646.053,11	497.775,76
14	323.387,42	89.198,68	1.513.767,16	417.536,42	614.066,62	169.375,57	1.646.053,11	454.024,33
15	323.387,42	81.358,66	1.513.767,16	380.837,53	614.066,62	154.488,50	1.646.053,11	414.118,38
16	323.387,42	74.207,73	1.513.767,16	347.364,25	614.066,62	140.909,91	1.646.053,11	377.719,91
17	323.387,42	67.685,33	1.513.767,16	316.833,06	614.066,62	128.524,79	1.646.053,11	344.520,65
18	323.387,42	61.736,20	1.513.767,16	288.985,38	614.066,62	117.228,25	1.646.053,11	314.239,40
19	323.387,42	56.309,97	1.513.767,16	263.585,34	614.066,62	106.924,61	1.646.053,11	286.619,68
20	323.387,42	51.360,67	1.513.767,16	240.417,80	614.066,62	97.526,59	1.646.053,11	261.427,57
21	323.387,42	46.846,38	1.513.767,16	219.286,55	614.066,62	88.954,60	1.646.053,11	238.449,69
22	323.387,42	42.728,87	1.513.767,16	200.012,61	614.066,62	81.136,04	1.646.053,11	217.491,43
23	323.387,42	38.973,27	1.513.767,16	182.432,73	614.066,62	74.004,68	1.646.053,11	198.375,27
24	323.387,42	35.547,75	1.513.767,16	166.398,01	614.066,62	67.500,12	1.646.053,11	180.939,30
25	323.387,42	32.423,33	1.513.767,16	151.772,65	614.066,62	61.567,27	1.646.053,11	165.035,84
26	323.387,42	29.573,51	1.513.767,16	138.432,76	614.066,62	56.155,89	1.646.053,11	150.530,21
27	323.387,42	26.974,18	1.513.767,16	126.265,37	614.066,62	51.220,13	1.646.053,11	137.299,52
28	323.387,42	24.603,32	1.513.767,16	115.167,42	614.066,62	46.718,20	1.646.053,11	125.231,74
29	323.387,42	22.440,84	1.513.767,16	105.044,91	614.066,62	42.611,95	1.646.053,11	114.224,64
30	323.387,42	20.468,43	1.513.767,16	95.812,11	614.066,62	38.866,62	1.646.053,11	104.184,99

b) Avaliação de sensibilidade com tratamento terciário no SSA

Ano	SSA SEM SUDS		SSA COM SUDS		SUA SEM SUDS		SUA COM SUDS	
	OP &MANUT (R\$)	Custo Valor Presente (R\$)	OP &MANUT (R\$)	Custo Valor Presente (R\$)	OP &MANUT (R\$)	Custo Valor Presente (R\$)	OP &MANUT (R\$)	Custo Valor Presente (R\$)
0	481.780,67	481.780,67	1.672.160,41	1.672.160,41	614.066,62	614.066,62	1.646.053,11	1.646.053,11
1	481.780,67	439.435,10	1.672.160,41	1.525.187,77	614.066,62	560.093,93	1.646.053,11	1.501.375,14
2	481.780,67	400.811,46	1.672.160,41	1.391.133,12	614.066,62	510.865,11	1.646.053,11	1.369.413,48
3	481.780,67	365.582,59	1.672.160,41	1.268.861,05	614.066,62	465.963,20	1.646.053,11	1.249.050,43
4	481.780,67	333.450,12	1.672.160,41	1.157.335,95	614.066,62	425.007,90	1.646.053,11	1.139.266,56
5	481.780,67	304.141,90	1.672.160,41	1.055.613,22	614.066,62	387.652,31	1.646.053,11	1.039.132,02
6	481.780,67	277.409,70	1.672.160,41	962.831,30	614.066,62	353.580,05	1.646.053,11	947.798,70
7	481.780,67	253.027,09	1.672.160,41	878.204,34	614.066,62	322.502,53	1.646.053,11	864.493,01
8	481.780,67	230.787,56	1.672.160,41	801.015,56	614.066,62	294.156,54	1.646.053,11	788.509,38
9	481.780,67	210.502,75	1.672.160,41	730.611,21	614.066,62	268.301,99	1.646.053,11	719.204,24
10	481.780,67	192.000,85	1.672.160,41	666.394,97	614.066,62	244.719,89	1.646.053,11	655.990,60
11	481.780,67	175.125,15	1.672.160,41	607.822,94	614.066,62	223.210,51	1.646.053,11	598.333,05
12	481.780,67	159.732,72	1.672.160,41	554.399,03	614.066,62	203.591,68	1.646.053,11	545.743,25
13	481.780,67	145.693,20	1.672.160,41	505.670,76	614.066,62	185.697,22	1.646.053,11	497.775,76

14	481.780,67	132.887,66	1.672.160,41	461.225,40	614.066,62	169.375,57	1.646.053,11	454.024,33
15	481.780,67	121.207,65	1.672.160,41	420.686,52	614.066,62	154.488,50	1.646.053,11	414.118,38
16	481.780,67	110.554,24	1.672.160,41	383.710,76	614.066,62	140.909,91	1.646.053,11	377.719,91
17	481.780,67	100.837,20	1.672.160,41	349.984,93	614.066,62	128.524,79	1.646.053,11	344.520,65
18	481.780,67	91.974,23	1.672.160,41	319.223,41	614.066,62	117.228,25	1.646.053,11	314.239,40
19	481.780,67	83.890,26	1.672.160,41	291.165,63	614.066,62	106.924,61	1.646.053,11	286.619,68
20	481.780,67	76.516,82	1.672.160,41	265.573,96	614.066,62	97.526,59	1.646.053,11	261.427,57
21	481.780,67	69.791,46	1.672.160,41	242.231,63	614.066,62	88.954,60	1.646.053,11	238.449,69
22	481.780,67	63.657,22	1.672.160,41	220.940,96	614.066,62	81.136,04	1.646.053,11	217.491,43
23	481.780,67	58.062,14	1.672.160,41	201.521,61	614.066,62	74.004,68	1.646.053,11	198.375,27
24	481.780,67	52.958,84	1.672.160,41	183.809,09	614.066,62	67.500,12	1.646.053,11	180.939,30
25	481.780,67	48.304,08	1.672.160,41	167.653,40	614.066,62	61.567,27	1.646.053,11	165.035,84
26	481.780,67	44.058,45	1.672.160,41	152.917,70	614.066,62	56.155,89	1.646.053,11	150.530,21
27	481.780,67	40.185,98	1.672.160,41	139.477,17	614.066,62	51.220,13	1.646.053,11	137.299,52
28	481.780,67	36.653,88	1.672.160,41	127.217,98	614.066,62	46.718,20	1.646.053,11	125.231,74
29	481.780,67	33.432,23	1.672.160,41	116.036,30	614.066,62	42.611,95	1.646.053,11	114.224,64
30	481.780,67	30.493,74	1.672.160,41	105.837,42	614.066,62	38.866,62	1.646.053,11	104.184,99

21. ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DA PLANILHA DE ESCOLHA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

a) Formulário de inserção de dados

```

Sub Botão1_Clique()
' Abre Formulário de inserção de dados
' chama rotina para desocultar as linhas ocultas
Call Mostrar_Trat.Mostra
Call Apaga_result.Apagar_result
Planilha4.Select
Call Form_Dados_ETE_Initialize
Form_Dados_ETE.Show
End Sub
Private Sub Form_Dados_ETE_Initialize()
' Preenche os dados iniciais do formulário
Form_Dados_ETE.txt_mun.Value = "Digite o nome do município"
Form_Dados_ETE.txt_ano.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_pop_est.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_patend.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_q_consumo.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_k1.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_k2.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_C.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_tx_inf.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_comp_rede.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_sing.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_area_ETE.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_DBO_ef.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_DQO_ef.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_SST_ef.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_nam_ef.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_norg_ef.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_nntk_ef.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_P_ef.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_cf_ef.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_DBO_af.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_DQO_af.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_SST_af.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_nam_af.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_norg_af.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_nntk_af.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_P_af.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_cf_af.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_DBO_tad.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_DQO_tad.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_SST_tad.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_nam_tad.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_norg_tad.Value = 0

```

```
Form_Dados_ETE.txt_nntk_tad.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_P_tad.Value = 0
Form_Dados_ETE.txt_cf_tad.Value = 0
```

End Sub

b) Rotina para mostrar linhas ocultas da planilha

```
Sub Mostra()
' Mostra todas as linhas da planilha
Planilha3.Select
Dim i As Integer
For i = 1 To 50
If Range("S" & i).Value = "-" Then
Rows(i & ":" & i).Select
Selection.EntireRow.Hidden = False
Else
End If
Next i
End Sub
```

c) Rotina para apagar resultados gravados na planilha

```
Sub Apagar_result()
Planilha5.Select
Rows("5:60").Select
Selection.Delete Shift:=xlUp
Range("A5").Select
End Sub
```

d) Rotina para ocultar resultados que não atendem ao tratamento

```
Sub Oculta()
' Oculta linhas de tratamentos que não atende
Planilha3.Select
Dim i As Integer
For i = 1 To 50
If Range("S" & i).Value = "-" Then
Rows(i & ":" & i).Select
Selection.EntireRow.Hidden = True
Else
End If
Next i
End Sub
```

e) Rotina para copiar resultados

```
Sub Copia_result()
' Copia os resultados e cola em outra planilha como valores, já formatado
Dim i As Integer

Range("A5:AG41").Select
Selection.Copy
Sheets("RESULTADO").Select
Range("A5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteFormats, Operation:=xlNone, _
    SkipBlanks:=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
Sheets("SIST. DE TRAT.-ESCOLHIDOS ÁREA").Select
Selection.Copy
Sheets("RESULTADO").Select
Range("A5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
ActiveWorkbook.Worksheets("RESULTADO").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("RESULTADO").Sort.SortFields.Add2 Key:=Range(
    "P5:P41"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _
    xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("RESULTADO").Sort
    .SetRange Range("A5:AG41")
    .Header = xlGuess
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
Call Apagar.Apagar
End Sub
```

f) Rotina para apagar resultados que não atendem aos critérios

```
Sub Apagar()
' Deleta linhas dos tratamentos que não passaram nos critérios
Sheets("RESULTADO").Select
Do
Range("S5").Select
Dim i As Integer
For i = 1 To 50
If Range("S" & i).Value = "-" Then
Rows(i & ":" & i).Select
Selection.Delete Shift:=xlUp
```

```

Else
End If
Next i
Loop While Range("S5").Value = "-"
End Sub

```

g) Rotina para salvar resultados em um novo arquivo

```

Sub Salva_NPasta()

Dim AP As Workbook      'Pasta de cálculo dos tratamentos
Dim NP As New Workbook  'Nova pasta a ser salva os resultados
Dim Apdados As Worksheet 'Planilha de dados da pasta de cálculo dos
                          tratamentos
Dim Apresult As Worksheet 'Planilha de resultados da pasta de cálculo dos
                          tratamentos

Set AP = Workbooks("PLANILHA ESCOLHA DE TRATAMENTO-REV08.xlsm")
Set Apdados = AP.Sheets("DADOS")
Set Apresult = AP.Sheets("RESULTADO")

Apdados.Select
Apdados.Range("A1:C71").Copy

Set NP = Workbooks.Add
NP.Sheets(1).Range("A1").Select
Sheets(1).Paste
Columns("A:C").EntireColumn.AutoFit
NP.Sheets(1).Name = "PARÂMETROS"

Application.DisplayAlerts = False

Call Salva_como.Salvar_Como

Application.DisplayAlerts = True

AP.Activate

Apresult.Select
Apresult.Range("A1:AG41").Select
Selection.Copy
NP.Activate
Sheets("PARÂMETROS").Select
Sheets.Add
Sheets("Planilha2").Select
Sheets("Planilha2").Name = "TRATAMENTOS"
Range("A1").Select
Sheets("TRATAMENTOS").Paste
Application.CutCopyMode = False

```



```

ActiveWindow.DisplayGridlines = False
Columns("A:M").EntireColumn.AutoFit
Columns("N:O").ColumnWidth = 6
Columns("P:Q").EntireColumn.AutoFit
Columns("R:S").ColumnWidth = 10
Columns("T:W").ColumnWidth = 8
Columns("X:AA").ColumnWidth = 6
Columns("AB:AE").EntireColumn.AutoFit
Columns("AF:AG").ColumnWidth = 6
Rows("3:3").RowHeight = 33
Range("S5:AG51").Select
Selection.FormatConditions.Delete
Range("A1").Select
NP.Save
AP.Activate
AP.Sheets("ENTRADA").Select
End Sub

```

h) Rotina para abrir a janela do Windows para “salvar como” os resultados

```

Sub Salvar_Como()
'Salvar Como
Dim CaixaDialogo As FileDialog
Set CaixaDialogo = Application.FileDialog(msoFileDialogSaveAs)
With CaixaDialogo
.InitialFileName = "C:\\"
.FilterIndex = 1
'Salva o arquivo como XLSX a partir do Office 2010
.Show
.Execute
End With
End Sub

```